

# Trabajo Fin de Grado

## Grado en Ingeniería Civil

### Proyecto Constructivo de Edificio para Uso Principal de Aparcamiento con Soluciones de Estructura Prefabricada

Autor: M<sup>a</sup> Victoria Platero Martínez

Tutor: Jorge Roa Fernández

**Dpto. Teoría de la Señal y Comunicaciones**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2019







Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería Civil

# **Proyecto Constructivo de Edificio para Uso Principal de Aparcamiento con Soluciones de Estructura Prefabricada**

Autor:

M<sup>a</sup> Victoria Platero Martínez

Tutor:

Jorge Roa Fernández

Profesor titular

Dpto. de Teoría de la Señal y Comunicaciones

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019



Trabajo Fin de Gradp: Proyecto Constructivo de Edificio para Uso Principal de Aparcamiento con Soluciones de Estructura Prefabricada

Autor: M<sup>a</sup> Victoria Platero Martínez

Tutor: Jorge Roa Fernández

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal



*A mi familia*

*A mis amigos*

*A mis maestros*



# Agradecimientos

---

En primer lugar, me gustaría agradecer la ayuda, el apoyo, la confianza y el amor incondicional, a mis padres, que son los pilares más importantes de mi vida, sin los que hubiese sido imposible llegar a ser quien soy.

También quiero dar las gracias a la familia que se elige, mis amigos, que me han ayudado a conseguir todos mis objetivos, pero en especial a mi mejor amiga, mi hermana, mi compañera de viaje con la que comparto las alegrías y las penas, mejores y peores momentos, gracias Patri por estar siempre.

Gracias por supuesto a las personas que me han guiado en este trabajo, Jorge Roa Fernández por ser mi tutor y mi guía en este proyecto, Francisco Luque por su inmejorable atención y su gran ayuda y Coral G. que además de ser una gran amiga, siempre ha sido una perfecta compañera de trabajo y profesión.

No puedo olvidarme de mis compañeros de clase con los que he caminado hasta un objetivo común, gracias por tantos momentos compartidos, risas, horas de estudio y de trabajo para llegar a nuestra meta. Me gustaría mencionar a Alejandra, Juandi, Manolo, Ricky, Fran y Víctor, que además de compañeros, considero mis amigos.

*M<sup>a</sup> Victoria Platero Martínez*

*Sevilla, 2019*





# Resumen

---

El presente documento trata como dice su nombre, del proyecto constructivo de un edificio de uso principal aparcamiento.

Comenzamos describiendo el alcance y objeto del proyecto, seguido de una introducción donde se describe el lugar de emplazamiento y un estudio de la zona para explicar el porqué de esa localización.

A continuación, se realiza un estudio funcional del aparcamiento, razonando la geometría, los accesos, las plazas de aparcamiento y el porqué de su disposición.

Acto seguido, se describen los sistemas estructurales más utilizados y la elección propia, comparando las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.

Para terminar, se realiza una descripción constructiva de todo el proyecto, junto con la descripción del cálculo estructural y las instalaciones.

En los documentos adjuntos se añaden los planos, los cálculos estructurales, datos geotécnicos y el presupuesto.



# Abstract

---

This document deals with, as its name says, the construction project of a building for main use parking.

We begin by describing the scope and purpose of the project, followed by an introduction describing the location and a study of the area to explain the reason for that location.

Next, a functional study of the parking is carried out, reasoning the geometry, the accesses, the parking spaces and the reason for its disposition.

Then, the most commonly used structural systems and their own choice are described, comparing the advantages and disadvantages of each of them.

Finally, a constructive description of the entire project is carried out, together with the description of the structural calculation and facilities.

In the attached documents, plans, structural calculations, geotechnical data and budget are added.

# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice</b>	<b>xiv</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>xvi</b>
<b>Índice de Imágenes</b>	<b>xviii</b>
<b>1 introducción</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Objetivos y alcance</i>	1
<b>2 Consideraciones previas</b>	<b>2</b>
2.1 <i>Localización</i>	2
2.2 <i>Situación actual</i>	4
2.3 <i>Elección del lugar</i>	7
2.4 <i>Normativa</i>	7
<b>3 Estudio y descripción del proyecto</b>	<b>9</b>
3.1 <i>El aparcamiento a estudio</i>	9
3.2 <i>La parcela a estudio</i>	12
3.3 <i>Accesos</i>	13
3.4 <i>Recorridos</i>	14
3.5 <i>Dimensión plazas de aparcamiento</i>	15
3.6 <i>Disposición plazas de aparcamiento</i>	16
3.7 <i>Rampas</i>	18
<b>4 Alternativas estructurales</b>	<b>23</b>
4.1 <i>Alternativas</i>	23
4.1.1 <i>Materiales. Hormigón y acero.</i>	23
4.1.2 <i>Tipología de forjado.</i>	24
4.2 <i>Alternativa adoptada</i>	27
<b>5 Descripción Constructiva</b>	<b>30</b>
5.1 <i>Cimentación</i>	30
5.2 <i>Estructura</i>	31
5.2.1 <i>Pilares</i>	31
5.2.2 <i>Vigas</i>	31
5.2.3 <i>Forjado</i>	34
5.2.1 <i>Rampas</i>	34
5.2.2 <i>Escalera</i>	35
5.2.3 <i>Cerramiento</i>	36
5.2.4 <i>Tabiquería</i>	36

5.2.5	Cubierta	37
<b>6</b>	<b>Descripción del Cálculo Estructural</b>	<b>39</b>
6.1	<i>Descripción del Sistema estructural adoptado.</i>	39
6.2	<i>Normativa aplicada</i>	39
6.3	<i>Hipótesis y criterios de diseño y cálculo.</i>	39
6.3.1	Bases de cálculo.	39
6.3.2	Modelo estructural	40
6.3.3	Dimensionamiento y armado de elementos	40
6.4	<i>Acciones consideradas</i>	41
6.4.1	Acciones permanentes	41
6.4.2	Acciones variables	41
6.4.3	Acciones del viento	41
6.4.4	Acciones accidentales	42
6.4.5	Acciones reológicas y térmicas	43
6.5	<i>Combinación de acciones</i>	44
6.5.1	Estados límites de servicio	44
6.5.2	Estados límites últimos	44
6.6	<i>Combinación de acciones</i>	45
6.6.1	Estados límites de servicio	45
6.6.2	Estados límites últimos	45
6.7	<i>Desarrollo del cálculo</i>	46
<b>7</b>	<b>Descripción Instalaciones</b>	<b>48</b>
7.1	<i>Electrotecnia y alumbrado</i>	48
7.1.1	Componentes de la instalación	48
7.1.2	Alumbrado	52
7.2	<i>Suministro de agua</i>	53
7.2.1	Instalación de agua fría sanitaria (AFS)	53
7.3	<i>Evacuación de aguas</i>	58
7.3.1	Elección del sistema	58
7.3.2	Elementos de la red de evacuación	59
7.4	<i>Climatización y Ventilación</i>	61
7.4.1	Cumplimiento del RITE	61
7.4.2	Ventilación de aseos	62
7.5	<i>Protección contra incendios</i>	62
7.5.1	Propagación interior	62
7.5.2	Propagación exterior	64
7.5.3	Evacuación de ocupantes	64
7.5.4	Instalaciones de protección contra incendios	65
	<b>Referencias</b>	<b>68</b>
	<b>Anejo de Planos</b>	
	<b>Anejos</b>	<b>71</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla 1. Dimensiones plazas de aparcamiento</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 2. Valores coeficiente de exposición</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 3. Coeficientes parciales de seguridad</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 4. Coeficientes parciales de seguridad</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 5. Caudal instantáneo mínimo</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 6. Diametros mínimos de derivaciones de aparatos</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 7. Diametros mínimos de alimentación</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 8. Reacción al fuego</b>	<b>63</b>



# ÍNDICE DE IMÁGENES

---

<b>Imagen 1. Vista aérea sevilla</b>	<b>2</b>
<b>Imagen 2. Evolución histórica mairena del aljarafe</b>	<b>3</b>
<b>Imagen 3. Mapa mairena del aljarafe</b>	<b>3</b>
<b>Imagen 4. Esquema puentes de sevilla.</b>	<b>4</b>
<b>Imagen 5. Vista aérea ciudad expo.</b>	<b>6</b>
<b>Imagen 6. Vista aérea ciudad expo.</b>	<b>6</b>
<b>Imagen 7. Plano usos pgou mairena del aljarafe</b>	<b>7</b>
<b>Imagen 8. Fachada del garaje construido por perret en la rue ponthieu de paris en 1905</b>	<b>9</b>
<b>Imagen 9. Maqueta de la segunda versión</b>	<b>9</b>
<b>Imagen 11. Edificio de aparcamientos abierto</b>	<b>10</b>
<b>Imagen 12. Temple street parking garage. Aparcamientos en new haven (paul rudolph, 1963)</b>	<b>10</b>
<b>Imagen 13. Edificio marina city complex</b>	<b>11</b>
<b>Imagen 14. Edificio 1111 lincoln road</b>	<b>11</b>
<b>Imagen 15. Iniciativa park(ing) day</b>	<b>11</b>
<b>Imagen 16. Esquema viario zona ciudad expo</b>	<b>12</b>
<b>Imagen 17. Estudio de entorno.</b>	<b>13</b>
<b>Imagen 18. Plano parcela del proyecto.</b>	<b>13</b>
<b>Imagen 19. Esquema de accesos</b>	<b>14</b>
<b>Imagen 20. Esquema de recorridos</b>	<b>15</b>
<b>Imagen 21. Dimensiones de un vehículo</b>	<b>16</b>
<b>Imagen 22. Disposición de plazas de aparcamiento</b>	<b>17</b>
<b>Imagen 23. Carriles de aparcamiento</b>	<b>18</b>



<b>Imagen 24. Pendientes rampas</b>	<b>18</b>
<b>Imagen 25. Rampas rectas situadas en lados opuestos</b>	<b>19</b>
<b>Imagen 26. Rampas rectas paralelas por pisos</b>	<b>19</b>
<b>Imagen 27. Rampas por pisos rectilíneas en direcciones contrarias</b>	<b>19</b>
<b>Imagen 28. Rampas de caracol de paso sencillo</b>	<b>20</b>
<b>Imagen 29. Rampas de caracol de paso doble</b>	<b>20</b>
<b>Imagen 30. Esquema rampas</b>	<b>21</b>
<b>Imagen 31. Placa alveolar</b>	<b>25</b>
<b>Imagen 32. Prelosa</b>	<b>26</b>
<b>Imagen 33. Forjado chapa colaborante</b>	<b>27</b>
<b>Imagen 34. Zapata aislada</b>	<b>30</b>
<b>Imagen 35. Pilares prefabricados</b>	<b>31</b>
<b>Imagen 36. Viga t invertida prefabricada modelo jps.70.20+30.20</b>	<b>31</b>
<b>Imagen 37. Viga l prefabricada modelo jpl.55.20+40.20</b>	<b>32</b>
<b>Imagen 38. Viga rectangular prefabricada</b>	<b>32</b>
<b>Imagen 39. Viga riostra prefabricada</b>	<b>32</b>
<b>Imagen 40. Correas prefabricada modelo vc1.19</b>	<b>33</b>
<b>Imagen 41. Detalle encuentro viga-pilar.</b>	<b>33</b>
<b>Imagen 42. Detalle forjado placa alveolar</b>	<b>34</b>
<b>Imagen 43. Detalle de rampa</b>	<b>35</b>
<b>Imagen 44. Detalle de esccalera.</b>	<b>35</b>
<b>Imagen 45. Paneles hormigón aligerado</b>	<b>36</b>
<b>Imagen 46. Detalle anclaje pilares</b>	<b>36</b>
<b>Imagen 47. Cubierta deck</b>	<b>37</b>
<b>Imagen 48. Espectro de respuesta</b>	<b>43</b>
<b>Imagen 49. Luminarias</b>	<b>52</b>
<b>Imagen 50. Equema de la instalación de suministro de agua</b>	<b>54</b>
<b>Imagen 51. Ramales de enlace</b>	<b>57</b>







# 1 INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 Objetivos y alcance

Este proyecto puede considerarse a la vez el último de la carrera y el primero como profesional, pues es un ejercicio continuo de toma de decisiones, en el que podemos explorar los límites de nuestra capacidad y arriesgar, aprendiendo en el camino que recorreremos, encontrando así los puntos en los que se destaca y es posible explotar más en un futuro.

Con esto en mente, el primer paso para desarrollar el ejercicio es encontrar la motivación que lo encauce, así como de dónde nace la misma.

En mi caso, el interés reside en la explotación de algo que considero necesario como usuario habitual del transporte (público y privado): la necesidad de lugares de estacionamiento de vehículos integrados en la ciudad. Observo aquí la necesidad de indagar en un tema que parece haberse visto devaluado, pese a ser de interés actual, constante y que afecta a todos los habitantes, siendo considerados como apéndices subterráneos de la ciudad que aparecen sin interés propio.

Intentando combinar esto, me decido a proponer un estacionamiento de vehículos, desarrollado en altura, que intente ser parte de la ciudad, y crear un interés en el entorno en el que se enclava y del que pretende formar parte, volcando esto en el proceso de diseño del proyecto. Así, el proyecto parte del estudio del lugar, su dinamismo y movimiento continuo, y las necesidades derivadas del crecimiento de la ciudad y las conexiones de transporte de la misma, que generan los requisitos del problema que se pretende resolver y marcan las primeras pautas del proyecto.

El edificio, al final, es una de las posibilidades que pueden dar respuesta a estas necesidades, una opción de las múltiples que podrían derivarse del proceso de investigación, con el que se pretende generar un edificio en el contexto, que funcione como punto de interés para acentuar lo que ya está ocurriendo en la zona en la que se desarrolla.

Esta decisión de qué hacer debe ir acompañada del lugar: el emplazamiento concreto en el que se desarrollará, siendo pilar fundamental e imprescindible en el desarrollo del proyecto, pues el diseño final responderá al entorno y las características que le aporten al proyecto, y viceversa.

Elegir este lugar y conocerlo es el primer acercamiento a la realidad a la que nos enfrentamos: visitas, primeros acercamientos a su problemática, fotografías, croquis de visuales y datos que acentuarán la idea del proyecto. Todo esto nos dará las primeras nociones de la línea de investigación, y acompañará al proyecto hasta el final de su desarrollo. Todos estos estudios forman la base del ejercicio y su crecimiento, siendo inherente a él: es el inicio y el desarrollo, marcan la salida. Las ideas, croquis, estudios de proyectos, no sólo con una temática igual o similar, sino todo aquel proyecto que pueda, por su materialidad, ejecución, interés público... aportar una posibilidad y un camino que guíe el diseño; todo ellos componen las horas previas de investigación y son las que van generando lo que aquí quiere presentarse.

## 2 CONSIDERACIONES PREVIAS

### 2.1 Localización

Es necesario comenzar con un estudio del territorio donde se va a desarrollar el proyecto, desde una visión general, una perspectiva urbana que abarque toda la ciudad, e incluso la relación de esta con la capital, para extraer las claves que determinarán la localización exacta del proyecto y sus puntos identificativos.



**Imagen 1. Vista aérea Sevilla**

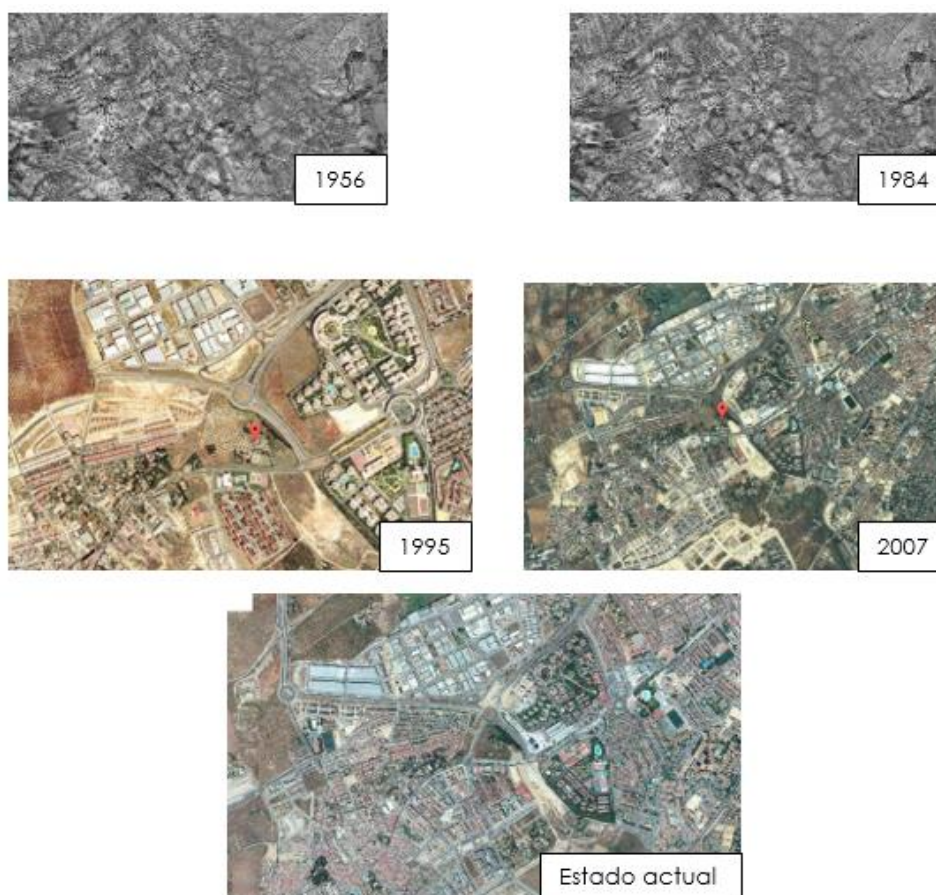
Con una imagen a vista de pájaro podemos percibir la relación y estructura territorial de Mairena del Aljarafe, municipio de estudio debido al interés actual por su desarrollo y la relación tan estrecha que mantiene con Sevilla capital.

Mairena del Aljarafe es un municipio situado en el área metropolitana de Sevilla, situado a 9 km de ella, de carácter principalmente residencial, que actualmente está adquiriendo importancia en cuanto a los servicios, debido en gran medida al hecho de contar con uno de los parques industriales más modernos de Andalucía: el Parque Industrial de Servicios Aljarafe (PISA). [1]

Ese municipio nace como tal en la época de dominio musulmán y recibe el nombre de Maharana (“hato de pastores”). Estos vivieron en el lugar hasta aproximadamente mediados del siglo XIII, momento en el que es conquistado por el rey Fernando III. A partir de entonces se produce el reparto de las tierras que pasaron a ser mayoritariamente explotaciones agrícolas dedicadas al olivar. Observamos desde este momento el interés que comienza a tener la zona ya en la historia de la provincia.[2]

A lo largo de su historia, el municipio está fundamentalmente ligado a comunidades religiosas, al igual que ocurría con otros pueblos del Aljarafe.

La consolidación de lo que hoy conocemos como Mairena, se produce a principios del siglo XIX, pero no fue hasta 1840 cuando adquiere un carácter propio, pasando a tener un ayuntamiento independiente. Será entonces cuando adquiera el topónimo “Mairena del Aljarafe”. La denominación Aljarafe, que denomina al área metropolitana oeste de Sevilla, significa “azotea”, “elevación”, o bien “descubrir algo desde un sitio elevado”; es por tanto un nombre clave para toda la zona en cuestión, pues se encuentra por elevada respecto a la capital, lo que le concede unas vistas increíbles de la misma en según qué zonas, así como algunas mejoras climáticas respecto a la misma. [2][3]



**Imagen 2. Evolución histórica Mairena del Aljarafe [8]**

Como ya se ha citado, Mairena está localizado en plena corona del Aljarafe sevillano, a escasos 9 km de la capital, y en un punto clave de esta zona. Contando con 17 km<sup>2</sup> de extensión (que van en aumento actualmente, debido a su expansión hacia el sur), limita al norte con San Juan de Aznalfarache, Tomares y Bormujos; al este con Gelves, y al Sur con Gelves y Palomares del Río. [4]



De esta manera, se encuentra en un enclave privilegiado de la primera corona metropolitana, cercana a un gran número de municipios y a escasos minutos de la capital, lo que ha impulsado de manera significativa su desarrollo: social, económico y, sobre todo de infraestructuras, lo que determina la elección de ese lugar como foco de estudio para el proyecto.[4]

**Imagen 3. Mapa Mairena del aljarafe [8]**



## 2.2 Situación actual

La ciudad ha experimentado una evolución en todos los aspectos, siendo el sector económico el que la ha impulsado, como consecuencia del proceso de transformación en el tejido urbano, debido a la importancia empresarial que ha ido adquiriendo Mairena en los últimos años. [5]

Es por esto por lo que ha pasado de mantener una base económica agraria a considerarse una ciudad dedicada al sector servicios que ha logrado mantener lo que era el sustento de los primeros pobladores, el olivo, existiendo aún varias empresas dedicadas a la producción aceitunera, manteniendo terreno reservado para el cultivo del mismo. [5]

Sin embargo, actualmente la actividad económica se centra en el comercio, así como el desarrollo urbano y la actividad inmobiliaria, y las empresas derivadas del motor y el transporte; siguiéndole la hostelería y los servicios. [5]

En este último es donde juega un papel fundamental el polígono PISA (Parque Industrial y de Servicios Aljarafe), citado anteriormente: un espacio que integra el aspecto empresarial con el crecimiento sostenible del municipio, así como la ubicación de multitud de zonas verdes, que permiten mantener la zona como referente en toda la comunidad, pues no pierde el carácter rural de la zona, sin por ello socavar el desarrollo de la misma. [5]

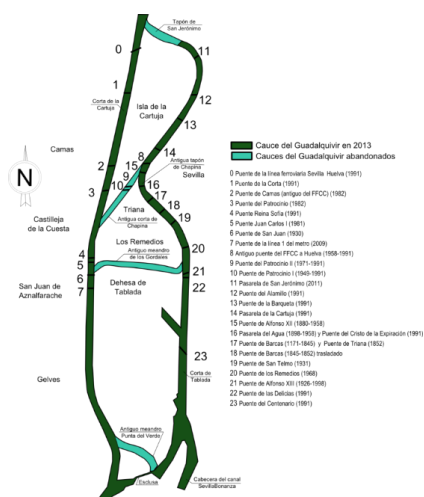
Hasta la década de los 90, fue este carácter arraigado de servir directamente a la capital lo que marcó la evolución urbanística, económica y poblacional de la localidad. Tanto es así que, durante esos años, la ciudad se transformó en “ciudad-dormitorio”, sirviendo únicamente como lugar para alojar a los trabajadores que, por motivos de espacio, se veían “obligados” a vivir en el Aljarafe. [5]

Esta forma de calificar a la localidad se ve acentuada por la llegada de la Expo '92 a Sevilla, momento en el que se pone de manifiesto la necesidad imperiosa de buscar zonas para alojar a los millones de visitantes que llegarían en esa época a la ciudad, en muchos casos por periodos de tiempo importantes. [5]

El caso directo se da cuando se ve la necesidad de alojar a miembros de los países participantes en la Expo y para ellos, se hace necesario pues la construcción de un conjunto de alojamientos, capaz de albergar a los miles de personas, siendo elegida Mairena del Aljarafe para albergar el proyecto. [5]

Para dar cabida a la magnitud del proyecto, se hizo necesario mejorar las infraestructuras existentes, por lo que se desdobló la variante de San Juan de Aznalfarache, conectando así la autovía con Coria del Río y permitiendo la circulación completa por el Aljarafe. Además, se reestructura la zona para dar cabida a un nuevo “boulevard”, que albergaría un centro comercial para dar servicio al conjunto. [5]

Las infraestructuras, como ya se ha citado, sufrieron una evolución importante en esa época, pues se pretendía impulsar el desarrollo de Andalucía. Entre las obras que se llevaron a cabo, y que afectan directamente a la zona que se estudia en este proyecto, encontramos la creación de los anillos viarios que conectan Sevilla con su área metropolitana, entre las que encontramos:



-Se-30 y Ronda Urbana Norte: circunvalaciones exteriores, que conforman un cinturón que rodea completamente la ciudad; se construye con ello ocho puentes para el tráfico rodado, adicionales a los existentes, aumentando la capacidad de los accesos a la corona metropolitana. [6]

Dichos puentes son los que actualmente dan el acceso cada día a los miles de personas que se trasladan a Sevilla desde Mairena, que supondrá el inicio de estudio del presente proyecto.

Además de esto, se impulsa el transporte público, con la creación de la estación de autobuses Plaza de Armas, cuya localización es estratégica para la conexión con la corona, pues tiene salida directa al nuevo viario.

**Imagen 4. Esquema puentes de Sevilla. [9]**



Se observa pues que el Aljarafe comienza a adquirir la importancia que tiene actualmente, siendo un lugar en el que vivir y trabajar, además de vivir.

Observando los acontecimientos, es fácil saber por qué Mairena del Aljarafe ha sufrido ese crecimiento en estos años. Con el nuevo viario, el acceso a Sevilla se facilita, permitiendo aprovechar la oportunidad de cambiar el lugar de residencia por uno más económico en ese momento. Es por esto que la ciudad ha evolucionado a lo largo de los años, siguiendo una línea progresiva. [7]

Este crecimiento se ha visto incitado desde el urbanismo, pues desde el principio, en la localidad se centra en ordenar el crecimiento hacia las lindes de manera ordenada, siendo esto una forma de facilitar la llegada de más población. [7]

Actualmente la zona se caracteriza por ser un punto de interés para nuevos residentes, pues su crecimiento y mejora supone poder vivir fuera de la ciudad, estando “a un paso” de ella, sin los problemas que conlleva una capital. [7]

Es por esto que la localidad ha pasado el umbral de 40.000 habitantes, siendo un pueblo joven y dinámico, suponiendo un mayor porcentaje los vecinos de entre 25 y 34 años, teniendo su evolución, por tanto, un carácter progresivo, pues la población seguirá en aumento, de lo cual se deduce que será un motor de cambios y mejoras para la ciudad. [7]

Para ello, a lo largo de los últimos 10 años se han ido creando o mejorando las infraestructuras y servicios que dotan a Mairena de lo necesario para seguir en el punto de mira. Encontramos así que la zona de Ciudad Expo – PISA – Cavaleri ha pasado a ser el centro neurálgico, incluyendo en este triángulo todas las opciones para cubrir las necesidades de la localidad, comenzando por la creación de Metromar, un centro comercial que da la vida a la zona y supone un llamamiento a los visitantes, pues ya no es necesario bajar a Sevilla. [7]

En esta línea, en 2009 se inauguró, finalmente, la línea 1 del Metro de Sevilla, después de años siendo un proyecto. La llegada del mismo ha sido el último pistoletazo al movimiento en Mairena, pues encontramos dos paradas, Cavaleri y Ciudad Expo, siendo esta última cabecera de la línea. La situación de las mismas, y siendo, junto con San Juan, la única conexión directa y rápida con Sevilla, es un punto de interés importante en este proyecto, pues, junto a las nuevas edificaciones, suponen el quid de la cuestión de este proyecto, como veremos más adelante.

Siguiendo con la evolución, el Ayuntamiento decidió potenciar el crecimiento y la importancia de Mairena respecto a Sevilla, y fomentando la economía del lugar, con el concurso para crear una plaza con Intercambiador de Transportes, con el fin de facilitar el transporte de los ciudadanos, situándose a escasos metros de la cabecera del metro y del centro comercial.

Este proyecto, construido en 2011, no es solo un lugar para el transporte, pues se articula a partir un núcleo: una gran plaza, que pretende ser centro de reunión, y donde actualmente se celebran diferentes eventos. Incorpora en ella un edificio de dos plantas de establecimientos comerciales y de restauración, así como dos torres, que actualmente presiden la imagen de Mairena, de 15 plantas que incluyen un hotel de 4 estrellas, y un centro de negocios.

Con todo ello, podemos observar que el transporte es un punto de interés, pues ha sufrido cambios y mejoras en los años, pero también se ha visto incrementado, tanto en las conexiones con Sevilla, como en los alrededores del metro, pues podríamos decir que ambos medios, coche y metro, son igualmente utilizados por los habitantes, para entrar y salir de Mairena.

Es por esto que se decide hacer un proyecto que esté relacionado con ello, ya que resulta necesario realizar cambios debidos principalmente al tráfico que se genera en Mairena durante las horas de entrada y salida de Sevilla, horas punta, en las que los medios de transporte entran en un funcionamiento paralelo: si bien actualmente se ha visto que el metro le ha ganado ventaja al coche en cuanto al traslado a Sevilla, suponiendo una mejora del tráfico, observamos aún problemas con esto, pues existen circunstancias que impiden o dificultan el normal funcionamiento de los transporte públicos de la zona.

Actualmente el número de usuarios del metro va en aumento cada día, algo que favorecería al transporte de no ser porque en la zona del Aljarafe, sólo San Juan y Mairena cuentan con paradas, por lo que los residentes en las poblaciones vecinas acuden a ellas para intercambiar el modo de trasladarse. Por esto, durante el diseño del a red de metro, se plantearon en distintos puntos de interés *Aparcamiento disuasorios*, pensados, en asociación directa con el transporte público, para los usuarios del metro que llegan a las estaciones, dejando su vehículo

particular y moviéndose en metro.

Actualmente existen este tipo de aparcamientos, planteados y contruidos, en Ciudad Expo, San Juan Alto y San Juan Bajo, Condequinto y Olivar de Quintos, contando en total con 1600 plazas de aparcamiento. En ellos se incluyen aparcamiento para bicicletas, e intercambiadores, como el de Mairena.

En el caso de Mairena el espacio destinado a este uso se ha visto incrementado gracias a la construcción del intercambiador modal, que incluye dársenas para los autobuses metropolitanos y una planta de aparcamientos cedidos al metro de Sevilla, para el uso de sus usuarios, y cuyo horario esta directamente vinculado al del metro.



Sin embargo, es visible en la zona que este espacio no es suficiente para la cantidad de usuarios que diariamente dejan sus vehículos para hacer uso del transporte público.

Como se observa en la imagen, el descampado situado en las cercanías del metro sirve como aparcamiento improvisado para los usuarios que, por horario u ocupación excesiva de los aparcamientos, utilizan este espacio para dejar sus coches.

**Imagen 5. Vista aérea Ciudad Expo. [8]**

En un día normal puede llegar a haber entre 300 y 500 coches en horas punta, quedando así la imagen de la zona.



**Imagen 6. Vista aérea Ciudad Expo.**

Situándonos en el hotel, podemos observar que no sólo esa parcela está siendo utilizada como aparcamiento, sino también la colindante.

Si esta situación es el día a día, en ocasiones singulares el problema se acentúa enormemente; estos casos se dan en Semana Santa y durante la Feria de Abril, momentos en los cuales el transporte público es el mejor medio para bajar a Sevilla, y por tanto los maireneros y los vecinos de las poblaciones colindantes van a Ciudad Expo y Cavalari a coger el metro, dejando sus vehículos en la zona citada. En esos momentos, la parcela se ve invadida por los coches, llegando, en ocasiones, a no haber sitio para ninguno más: descampados, aparcamiento de metro, aparcamiento del intercambiador, e incluso el de Metromar, se ven ocupados al 100%, momentos en los que se ve aumentada la necesidad de pensar qué más se puede hacer.

A la vista de esta situación, se decide realizar el presente proyecto con la idea de dar una posible solución al

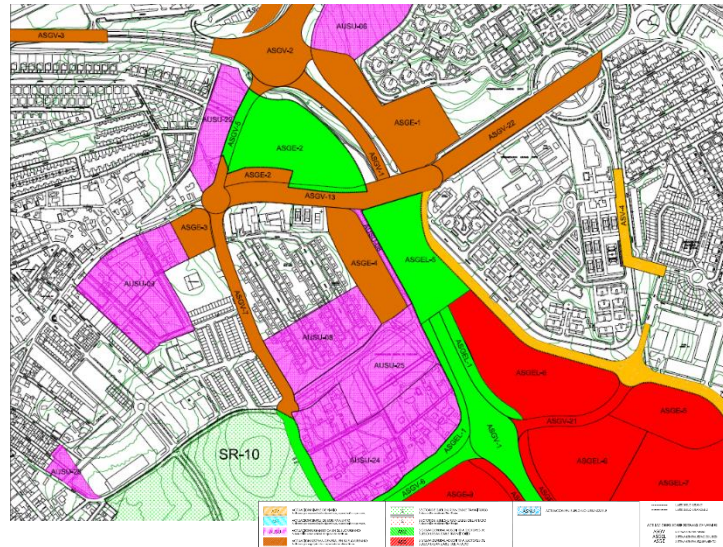
problema, diseñando un edificio de aparcamientos que se integre en a la zona en cuestión.

## 2.3. Elección del lugar

Conocido el problema y la zona en la que realizar el proyecto, es hora de elegir la parcela para llevarlo a cabo.

En un primer momento se plantea la posibilidad de realizar el proyecto en la parcela que actualmente está siendo utilizada como aparcamiento. Sin embargo, estudiando la normativa urbanística de la zona, se ve que está catalogada como Parque urbano, por lo que no es una opción.

Finalmente opto por la parcela colindante al que será el parque.



**Imagen 7. Plano usos PGOU Mairena del Aljarafe. [10]**

El PGOU de Mairena del Aljarafe se aprobó en el año 2003. La última modificación data de 2014. En él la parcela elegida está catalogada como ASGE-4. Sistema General. Equipamiento. Pertenece a la actuación en la Ribera del Porzuna, teniendo categoría de SIPS. Servicio de interés público y social. [10]

La elección de esta parcela deriva de su localización cercana al metro, así como las posibilidades de intervención en el entorno, y con los transportes pues se encuentra en el centro neurálgico del problema.

## 2.4. Normativa

Para la elaboración de este documento se ha empleado la siguiente normativa:

- EHE-08
- CTE-DB-SE
- CTE-DB-AE
- CTE-DB-SI
- CTE-DB-HS
- CTE-DB-HE
- CTE-DB-SU
- NSCE-02
- EUROCODIGO 2



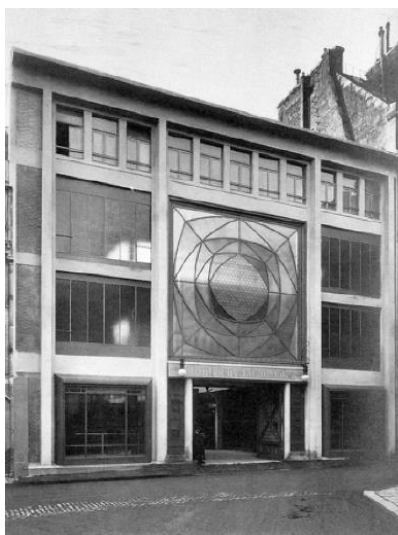
## 3 ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 3.1 El aparcamiento a estudio

El proyecto nace de la pretensión de dar solución al problema del vehículo en la zona de Ciudad Expo, pero este es sólo el punto de partida, pues con él se pretende hacer un edificio que además de cumplir su cometido, suponga un punto de inflexión en la arquitectura del lugar.

Para realizarlo, es necesario partir del estudio de los aparcamientos, los edificios destinados a ellos y su evolución,

El automóvil en sus orígenes era una máquina más, que sólo estaba al alcance de algunos privilegiados, por lo que pensar en ellos como un elemento que definiría el modo de vivir la ciudad no tenía cabida; es por ello que simplemente se almacenaban. Sin embargo, la evolución y el crecimiento de la ciudad hizo que su impacto aumentase, pues al crecer ellas se hacía necesario un medio de transporte eficaz y “rápido”, por lo que, como consecuencia, aumenta la necesidad de dotar las ciudades de aparcamientos, especialmente en aquellas que comenzaban a tener una superficie importante.[11]



Es por esto por lo que nace el primer edificio que se considera de aparcamientos: *Garaje en la rue Ponthieu (Auguste Perret, 1905)*, en París. Este representa la evolución, manifestándose con un carácter pionero en el uso de hormigón en fachada; sin embargo, la evolución no llega a la planta, que sigue una distribución propia de un almacén industrial, cargada de simplicidad, pese a esto, el edificio da respuesta a la `problemática planteada, y lo hace adoptando la solución de la época para el estacionamiento de vehículos: sistema automático de aparcamiento. [11]

Este fue el sistema empleado en los edificios de este tipo, hasta 1920, año en el que empezó a usarse el sistema de rampas.

**Imagen 8. Fachada del garaje construido por Perret en la rue Ponthieu de París en 1905 [11]**

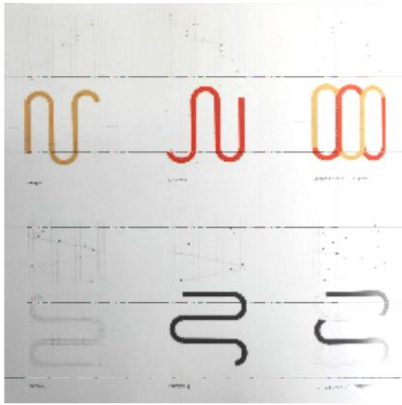
De esta época los espacios destinados aparcamientos eran, en muchas ocasiones, adaptaciones de edificios existentes en las ciudades, como es el caso de París o Londres. DE estos años cabe destacar la construcción singular del Edificio Lingotto (Turín, 1923. Giacomo Matte Trucco): era una fábrica FIAT, con un recorrido interior en rampa, que culminaba con una pista de pruebas situada en la cubierta. [11]



Como contrapunto, es en estos momentos cuando Konstantin Melnikov planteó una propuesta para Aparcamiento para 1000 vehículos, sentando las bases teóricas de los aparcamientos no automáticos. Planteo dos versiones: la primera se trataba de n edificio sobre un puente formado por forjados inclinados para circulación y aparcamiento; en la segunda el edificio cúbico se desarrolla a través de 4 espirales, que formalizarían las rampas, que se cruzan en el espacio. Es un proyecto dimensional en el que la forma responde a la subida, produciendo las espirales una “división abierta”.

**Imagen 9. Maqueta de la segunda versión [11]**





**Imagen 10. Plan circulación 2ª versión. [12]**

Pese a ser, técnicamente, imposible de construir, estos diseños sentaron las bases del modelo de aparcamiento actual: grandes superficies, planos inclinados y estructuras sin artefacto.

Es tras la Segunda Guerra Mundial cuando empezaron a producirse los principales avances, formales y constructivos, en los sistemas de edificios de aparcamiento, debido en gran medida a la tendencia de las ciudades que plantean un modelo urbano en el que separar funcionalmente la misma, sobre todo en Estados Unidos, que desarrolló un modelo urbano basado en suburbios residenciales y centros de servicios, lo que favoreció aún más el uso del automóvil y la necesidad de infraestructuras de circulación y estacionamiento. [11]

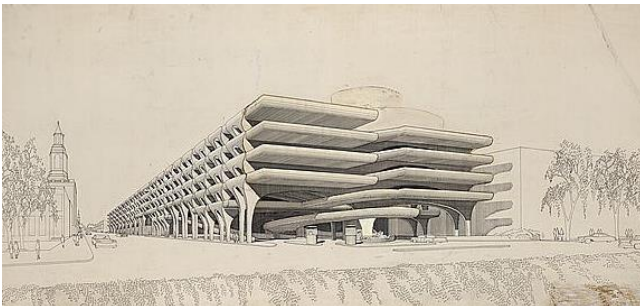


Es en estos momentos cuando Richard Neutra desarrolló su modelo de *Edificio de Aparcamientos Abierto (1940)*, en el que elimina por completo el revestimiento de las fachadas, mostrando los forjados de hormigón con los vehículos, de manera que se mejora la iluminación y ventilación. Pese a no construirse, si tenemos un ejemplo de esta arquitectura: Robert Law Weed en 1947 construye el *Miami Parking Garage*.

Se formaliza mediante una fina losa de hormigón, con voladizos; en él se pretende mostrar la estructura de hormigón extensiva sobre malla de pilares, coloreados en rojo, para ser punto focal, y los usuarios del edificio: el vehículo.

**Imagen 11. Edificio de Aparcamientos Abierto [11]**

A partir de este edificio se construyeron muchos otros en los que se buscaba la simplicidad estructural y el máximo aprovechamiento de las superficies, combinando distintas maneras de ejecutar los forjados: planos, medias alturas, aparcamiento en pendiente, siendo crucial para el desarrollo de la tipología, adquiriendo importancia los esquemas de circulación y el diseño de las rampas de acceso y de comunicaciones entre plantas.



Cabe citar aquí el *Temple Street Parking (New Haven, 1963, P. Rudolph)*: un garaje monumental, de planos horizontales, íntegramente de hormigón, con un sistema de entreplantas y aparcamiento en pendiente. El autor declaró que pretendía que su diseño no fuera simplemente un edificio sin paredes, sino que debía reflejar claramente su finalidad, siendo la estructura la que da la imagen final.

**Imagen 12. Temple Street Parking Garage:**

**Edificio de aparcamientos en New Haven (Paul Rudolph, 1963) [11]**



Igualmente, de interés para su estudio es el edificio *Marina City Complex* (Chicago, 1964, B. Goldberg). En él se desarrolla una “ciudad dentro de una ciudad”, pues integra diferentes usos en las dos torres que lo componen, una rampa helicoidal formaliza las primeras plantas que darán cabida al aparcamiento, que pasará a ser el forjado de las viviendas que se elevan en la cima de la torre. Es un diseño en el que las vistas son uno de los puntos focales, intentando innovar en la forma de ejecución y el diseño, siguiendo la línea de “no revestimiento”.

**Imagen 13. Edificio Marina City Complex [12]**

No es hasta la década de los 90 cuando vuelven a aparecer arquitectos, o estudios, como los holandeses OMA o NL architects, que realicen propuestas que combinan el uso de aparcamientos de una manera más radical, en la que exploran qué se puede hacer con la tipología de aparcamiento.

En esta línea, aunque más cercano en el tiempo, cuando Herzog & de Meuron desarrollan el *1111 Lincoln Road*, en Miami, en el que se crea una estructura abierta, escultural, imagen del edificio, desarrollada por finas losas de hormigón que van salvando alturas variables, generosas, creando diversos espacios en sección: algunas plantas están destinadas, debido a su altura, únicamente a aparcamiento, mientras que otras pueden ser usadas como lugar de celebraciones... Se muestra como un edificio creado por un bosque de pilares, de volúmenes



compuestos, en el que la fachada pasa a ser de permeable a inexistentes.

En cuanto a integración se refiere, cabe destacar las actuaciones que se han llevado a cabo en los últimos años, en señal de protesta, con el fin de recuperar un espacio urbano que se integre: el Park(ing) Day. Esta iniciativa a nivel internacional propone que se ocupe una plaza de aparcamiento para destinarla a otras actividades de carácter lúdico, o simplemente para crear en ellas un espacio vegetal. [12]

**Imagen 14. Edificio 1111 Lincoln Road [12]**



**Imagen 15. Iniciativa Park(ing) Day [12]**



### 3.2 La parcela a estudio

Una vez estudiadas las diferentes posibilidades que existen en el desarrollo de un aparcamiento, es el momento de estudiar cómo se integrará el edificio en el solar elegido, para lo cual es necesario realizar un estudio de la parcela.

Es una parcela libre, que encuentra sus lindes: por el norte en la SE-619 (que comunica con la Avenida América), perteneciente al viario primario de la zona; al oeste con la Avenida de los Olmos (carácter secundario), quedando cerrada por el oeste por el solar que se pretende que acoja el mayor parque urbano del Aljarafe, y al sur por una escuela de hípica.

En los alrededores de la parcela encontramos, además de viviendas, edificios que dan servicio de diferentes maneras a la localidad, a saber: policía, bomberos, el Colegio Mayor Maese Rodrigo, el Aljarfe Center y el centro comercial Metromar, así como instituto, ambulatorio y, por supuesto, el metro.

Este último es importante pues se trata de realizar un proyecto que responda al transporte, por lo que el estudio de relación entre él y la parcela es vital.

Realizando un estudio más cercano a la misma, observamos que en las inmediaciones viarias encontramos, además de las lindes: A-8057, autovía que conecta con la SE-30 (hacia Sevilla), la A-8055, que enlaza con la anterior y sirve de conexión con Palomares del Río y Gelves, Todas ellas de importancia vital para el desarrollo diario de la actividad de la zona, por lo que es importante tenerlas en consideración.



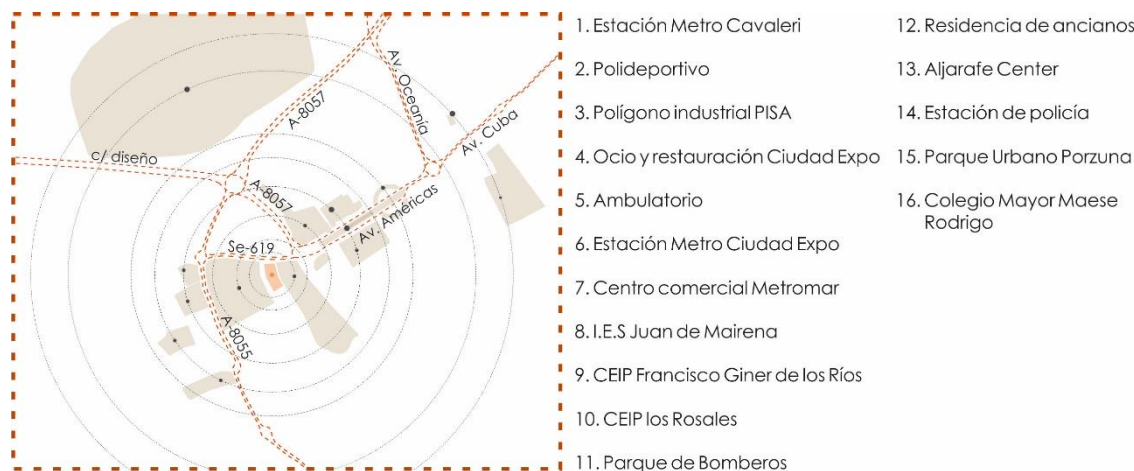
**Imagen 16. Esquema viario zona Ciudad Expo**

En cuanto al transporte cabe decir que todos los medios tienen cabida en esta área de Mairena, encontrando que está ejecutado un carril bici que enlaza desde el casco antiguo hasta la zona de Cavaleri, así como con la carretera que lleva en dirección a Bormujos y Sevilla, además de tener puntos de aparcamiento de bicicletas dentro de la estación de metro, si bien esto está restringido a un horario de uso.

Por último y quizás lo más importante, salvando el vehículo privado, cabe destacar la afluencia de líneas de autobuses metropolitanos que tienen parada en las inmediaciones del metro, llegando a encontrar 5 líneas radiales, que atraviesan la corona del Aljarafe (142,152,153,155,156) hasta Palomares, Coria y Puebla del Río,

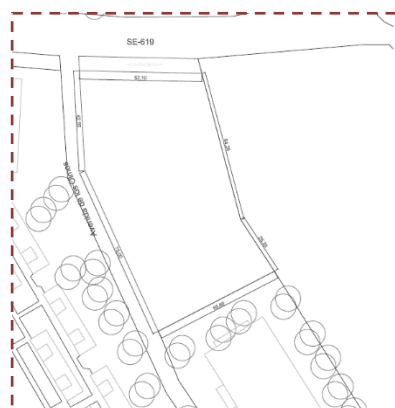


y dos líneas circulares, que recorren en sentidos contrarios el perímetro de la primera corona del Aljarafe, enlazando así con el resto de municipios que colindan con Mairena.



**Imagen 17. Estudio de entorno.**

Realizando un estudio visual del entorno se percibe la importancia de la vegetación en toda la zona, así como de espacios abiertos, de uso público, cuya finalidad este arraigada a diferentes eventos.



El solar tiene una forma irregular con una superficie de 5652,60 m<sup>2</sup>, con unas dimensiones de fachada norte, que vuelca a la SE-619 de 52,10 m y de fachada oeste (avenida de los Olmos) de 117,15 m.

El ancho del vial principal es de 17,90 m, encontrando doble sentido de circulación, con dos carriles por sentido; (norte) y secundario (oeste) de 8,00 m, de un carril por sentido de circulación.

Observamos que ambas calles son de doble sentido, lo cual propiciará el acceso a la parcela.

**Imagen 18. Plano parcela del proyecto.**

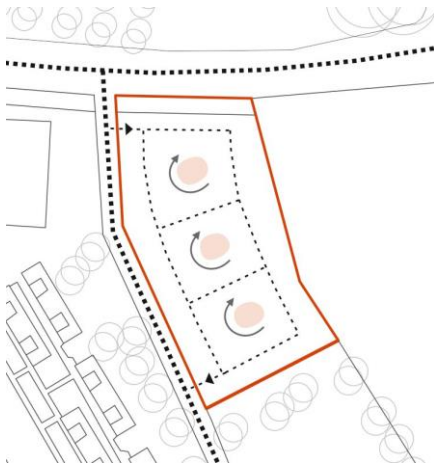
### 3.3 Accesos

Según la bibliografía estudiada del buen funcionamiento de los edificios de aparcamientos, las entradas y salidas de los coches en los locales de aparcamiento deben estar separadas y, si es posible, dispuestas de manera que eviten las desviaciones y recorridos inútiles. En correspondencia con la procedencia y el destino de la mayoría de los usuarios y teniendo en cuenta las circunstancias del tráfico y la reglamentación del mismo en las calles circundantes, se podrá determinar la disposición más adecuada para la entrada y la salida de los coches. [13]

Las entradas y salidas de los coches, siempre que sea posible deben quedar lejos de los cruces o desembocaduras de calles donde haya semáforos, para facilitar la salida. Al entrar y salir los coches deben procurar perturbar lo menos posible la circulación. [13]

Si el local de aparcamiento desemboca en una calle con doble dirección de tráfico es de temer que tarde o temprano se prohíba el giro a la izquierda a los coches que entran o salen. Una vez dispuesto así el edificio,

habría que procurar que posteriormente no se invirtiese la dirección de circulación en la calle. La acumulación de coches que salen no repercute en la vía pública sino en la salida y algunas veces también en las rampas y pasillos. Si bien al vaciarse una instalación las aglomeraciones no perturban el tráfico de la calle, un local de aparcamiento debe funcionar suficientemente bien y estar satisfactoriamente dimensionado y dispuesto para que el usuario quede contento desde todos los puntos de vista y, por consiguiente, al salir con el coche en las horas punta de la tarde. Al planificar las salidas hay que tener en cuenta que en tal punto suele haber acompañantes que desean subir al coche. Debe serles posible esperar allí la llegada del coche, sin que sean molestados ni sean motivo de estorbo. [13]



Partiendo del estudio de la parcela, así como de su entorno inmediato, el proyecto intenta integrarse en su conjunto en la zona, comenzando por lo más importante para el desarrollo de un proyecto de aparcamiento: los accesos. El estudio de los viarios, de las horas de mayor tránsito de la zona, así como de manuales y normas para el buen funcionamiento de los aparcamientos y sus asociados, se decide que el edificio tendrá definidos un acceso y una salida, quedando el acceso a la misma por la fachada oeste al igual que la salida, siendo los accesos sencillos, pues se propicia la incorporación a la circulación, sin perjuicio de la misma, pues tiene un carácter más secundario.

En ambos casos la ejecución de los accesos se realizará teniendo en cuenta que será necesario un espacio de mínimo 5 m hasta el comienzo de la pendiente, para poder albergar un vehículo en espera.

**Imagen 19. Esquema de accesos**

### 3.4 Recorridos

Se plantea un proyecto que haga las veces de intercambiador, sin realizar una arquitectura que lo albergue, por lo que es importante plantear que pasará con los diferentes usuarios de la parcela.

Dada la magnitud de este hecho, y la relación que se pretende efectuar con el parque urbano, se toma como decisión proyectual “desdibujar” la linde este de la parcela, “invadiendo” el solar del parque. Esto se hace con el fin de crear un basamento que conjugue las diferentes formas de vivir la ciudad: peatón, ciclista, conductos o transeúnte.

Esta invasión se efectúa únicamente en el basamento, con el fin de crear una línea general que pueda servir de referencia para proyectar el resto del parque urbano.

Teniendo este nuevo espacio, de mayor superficie, el resto consiste en distribuir los recorridos modales de los usuarios. Para ello se tiene en cuenta el carácter de cada una de las lindes de la nueva parcela.

Los peatones encuentran varias posibilidades según la finalidad de su estancia: simplemente cruzar para ir al metro, o permanecer allí y vivir la parcela. Con este fin se diferencian distintas zonas y pavimentos que vayan creando el lugar.

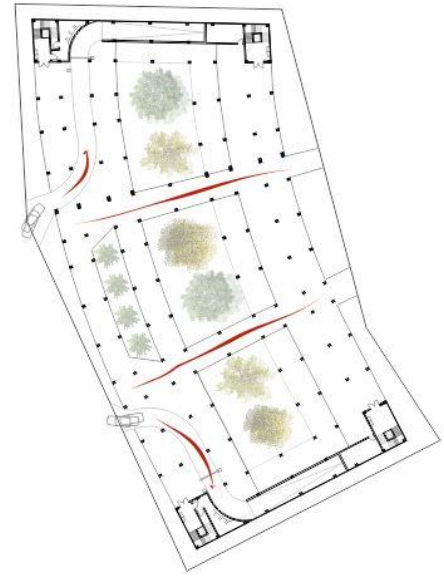
Queda así definido el espacio interno de la parcela, que permite diferentes modos de conocer el complejo.

Conociendo los principales recorridos y relaciones entre ellos, se plantea el edificio en sí, el aparcamiento en altura.

Partiendo del estudio de la parcela, y la máxima ocupación posible (del 80% según la normativa), se llega a un modelo básico, que permite crear un nuevo punto de partida, con el que se pretende dar una vuelta más al edificio.

Así se decide crear un edificio que sea un hito en la zona, que llame la atención y sea foco de interés, para lo cual se plantea un edificio de forma curva que se adapta a la parcela, creando espacios descubiertos en el interior que permiten implantar vegetación y continuar la conexión del edificio con el parque de la parcela adyacente.

Teniendo el acceso y la salida independientes, se plantea un edificio que permita ser recorrido en su totalidad, así como la conexión rápida y eficaz entre aquellos para el buen funcionamiento del mismo.

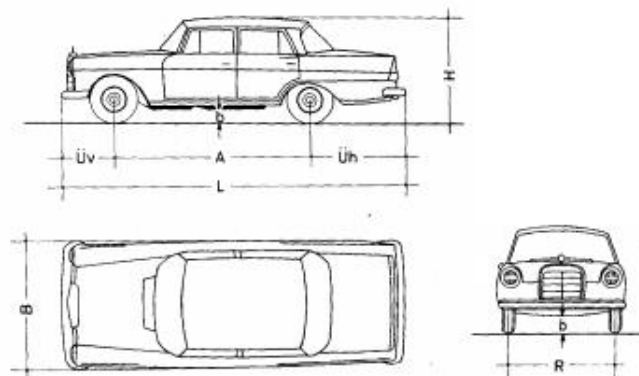


**Imagen 20. Esquema de recorridos**

### 3.5 Dimensión plazas de aparcamiento

El dimensionado de la construcción en su conjunto y en sus detalles necesita tomar como punto de partida las dimensiones de los coches. Con raras excepciones, se trata siempre de coches de turismo con un máximo de ocho asientos y con un peso máximo de 2000 kg. [13]

Sin embargo, los tamaños de proyecto se reducen a 3: coche normal, grande y pequeño. Tomando como referencia el coche normal para el diseño, y en ocasiones el grande. Los parámetros de diseño se resumen en la tabla 7. [13]



	Coche normal	Coche pequeño	Coche grande
<b>L = longitud</b>	4,50 m	3,60	5,00 m
<b>B = anchura</b>	1,80 m	1,60	1,90 m
<b>H = altura</b>	1,65 m		
<b>W = diámetro de giro</b>	12,00 m		
<b>b = distancia al suelo</b>	0,12 m		
<b>G = peso total</b>	2000 kg		
<b>A = distancia entre ejes</b>	1,5-3,15m (2,1m de media)		
<b>R = distancia entre ruedas</b>	1,02-1,56m (1,3m de media)		
<b>Uh = vuelo posterior</b>	1,35 m		
<b>Uv= vuelo anterior</b>	0,85 m		

**Imagen 21. Dimensiones de un vehículo [13]**

La superficie necesaria para una plaza de aparcamiento resulta de la superficie ocupada realmente por el coche y de las adiciones para espacios intermedios y separaciones. Como separación o distancia de los coches a las paredes, antepechos, pilares y a otros coches basta con 50 cm., suficiente en general para que pueda abrirse la puerta del vehículo. De lo cual resultan las siguientes dimensiones para las plazas de aparcamiento resumidas en la tabla 1. [13]

Lugar de emplazamiento	Para coches normales	Para coches grandes	Para coches de minusválidos
1. Abierto por todos lados o contra un obstáculo	5,00 x 2,30 m	5,50 x 2,40 m	5,00 x 3,50 m
2. Con pared en uno de los lados	5,00 x 2,55 m	5,50 x 2,65 m	
3. Con pared en ambos lados (box)	5,00 x 2,80 m	5,50 x 2,90 m	

**Tabla 1. Dimensiones plazas de aparcamiento [13]**

El área necesaria por coche, sin el espacio destinado al paso, está comprendida entre los 11,5 y los 16,0 m<sup>2</sup>. Definimos la plaza como un rectángulo de 2,5 x 5 m, es decir, 12,5 m<sup>2</sup>.

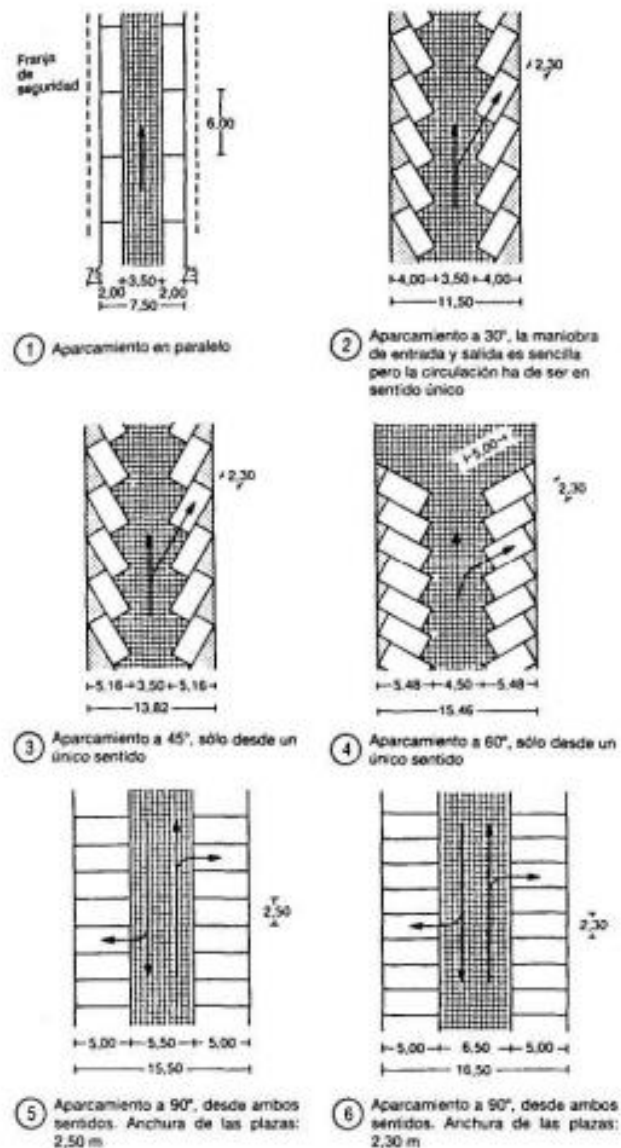
Según la normativa [14] las plazas para minusválidos tendrás dimensiones mínimas de 3,60 x 5 metros en batería y de 3,60 x 6,50 m en línea.

Es necesario como mínimo, una plaza por cuarenta plazas de vehículos normales, y deberán estar situadas cerca de los accesos peatonales y de las entradas accesibles al edificio, y señalizadas con el símbolo internacional de accesibilidad.

En nuestro caso, disponemos de ocho plazas de aparcamiento para minusválidos por planta.

### 3.6 Disposición plazas de aparcamiento

A continuación, se presentan las configuraciones más frecuentes de disposición de las plazas de aparcamiento según la bibliografía consultada [13]



**Imagen 22. Disposición de plazas de aparcamiento [13]**

Comentarios sobre las distintas disposiciones: [13]

0° en paralelo: con esta configuración se requieren bastantes maniobras para entrar y salir. Es una disposición adecuada para locales muy estrechos. La circulación es en un solo sentido.

30° en diagonal: con esta disposición es muy fácil entrar y salir, sin embargo, el aprovechamiento de la superficie es bajo. La circulación es en un solo sentido.

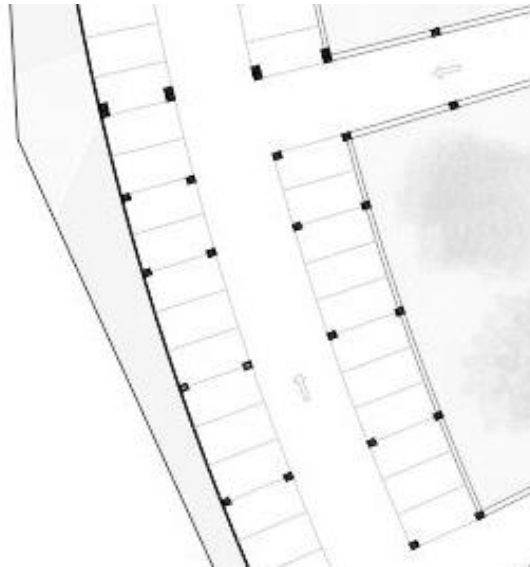
45° en diagonal: en este caso sigue siendo fácil entrar y salir. Aprovechamiento bueno de la superficie con un aumento pequeño de la anchura respecto a la de 30°. La circulación es en un solo sentido. Disposición bastante usual.

60° en diagonal: es fácil entrar y salir, el aprovechamiento de la superficie es óptimo. La circulación es en un solo sentido. Disposición bastante usual.

90° en perpendicular: (anchura de las plazas de 2,50 m). Los vehículos han de girar con un radio pequeño, por eso se aumenta el ancho de las plazas. Como contrapartida se reduce el ancho total necesario (15,50 m).

En este caso, se ha optado por plazas a 90° ya que optimizamos el espacio en el aparcamiento. De esta manera

se puede generar una cuadrícula de pilares más precisa. Con la anchura de 2,50 m, basta con tener carriles de dimensiones de 5,50 m de ancho.

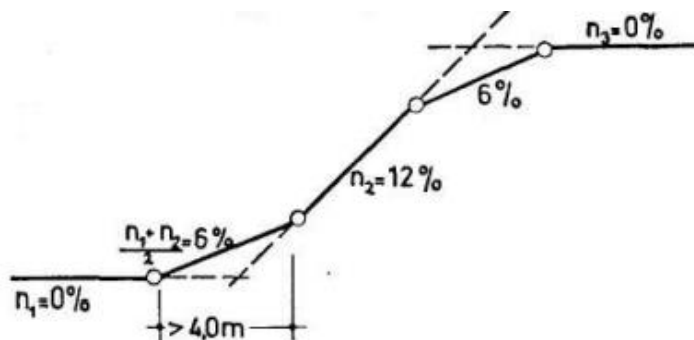


**Imagen 23. Carriles de aparcamiento**

### 3.7 Rampas

La rampa determina muy notablemente la fluidez con que se desarrolla el tráfico en un edificio. El trazado de las rampas en la planta debe ser lo más sencilla posible y con muy pocas curvas. El radio de curvatura de las mismas debe ser, por lo menos, de 9,00 m. La pendiente de las rampas debe oscilar entre el 10 y el 15 % llegando al 20 % en casos excepcionales como los garajes pequeños. Una pendiente demasiado suave resulta antieconómica teniendo en cuenta la relación entre las superficies de circulación y las de aparcamiento. La pendiente del 3 al 5%, se emplea únicamente en rampas que al mismo tiempo sirvan de superficies de aparcamiento. Las rampas muy fuertes deben hacerse lo más cortas posible y han de contar con trayectos suficientes de entrada y salida. [13]

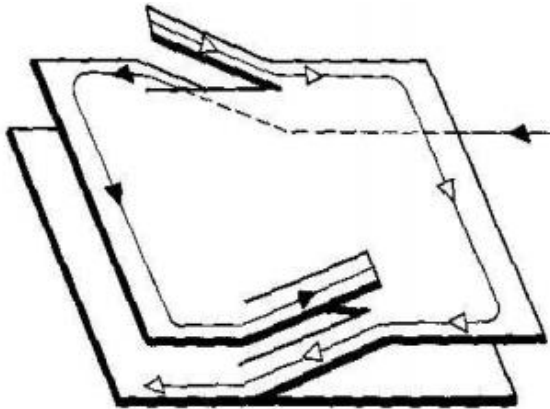
Entre la vía pública y las rampas debe haber un trozo horizontal o ligeramente inclinado, por lo menos de 5,00 m de longitud (la de los coches). Lo mismo puede decirse de la transición entre las rampas con los pisos o con los callejones de circulación en los mismos. [13]



**Imagen 24. Pendientes rampas [13]**

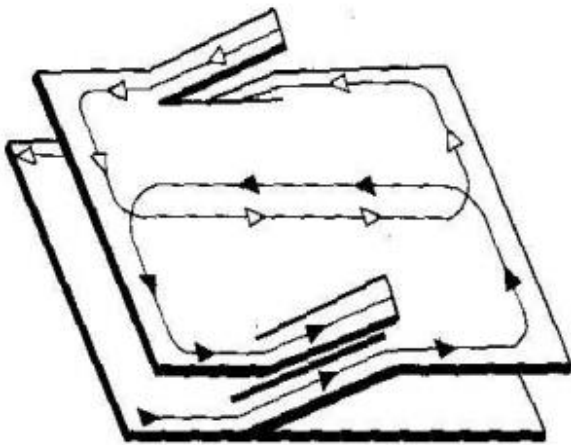
A continuación, se presentan las distintas clases de rampas más usuales con un breve análisis de su

funcionamiento:



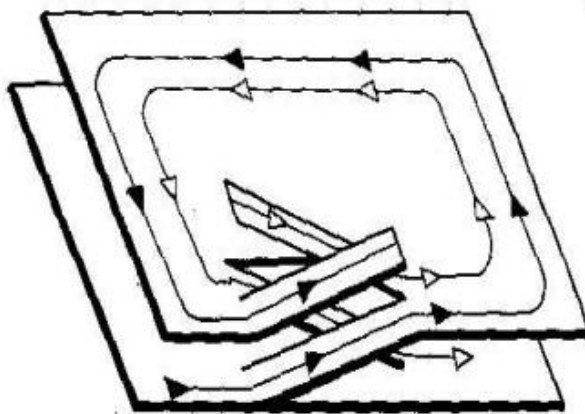
**Rampas rectas situadas en lados opuestos**, las de subida y bajada superpuestas. Las rampas rectilíneas entre pisos ofrecen la ventaja de poderse recorrer fácilmente sin desviarse de dirección y salvando en cada piso dos cambios de pendiente. Es necesario que el usuario efectúe en cada piso dos giros de  $90^\circ$ , y un recorrido horizontal entre las rampas. [13]

**Imagen 25. Rampas rectas situadas en lados opuestos [13]**



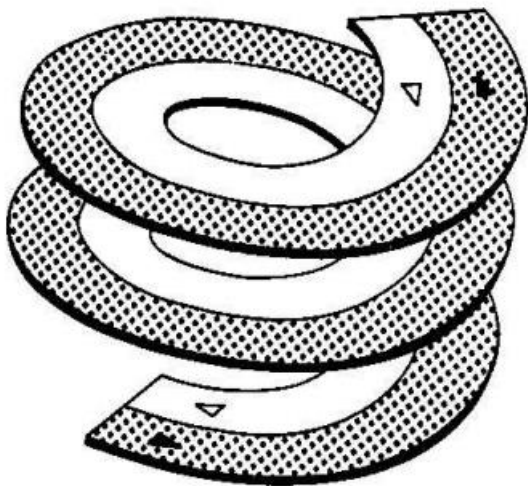
**Rampas rectas paralelas por pisos**, las de subida y bajada en lados opuestos o juntas. A diferencia de la anterior esta clase de rampas presentan dos inconvenientes; en primer lugar, en vez de realizar dos giros de  $90^\circ$  se deben realizar dos de  $180^\circ$  o cuatro de  $90^\circ$  para pasar desde el final de una rampa hasta el comienzo de la siguiente, hecho que ralentiza la circulación de los coches dentro del local. En segundo lugar, estos trayectos horizontales entre rampas casi siempre se hacen por callejones de circulación a ambos lados de los cuales están dispuestos los puestos de aparcamiento, de manera que no pueden evitarse las interferencias entre los coches que circulan por ellos. [13]

**Imagen 26. Rampas rectas paralelas por pisos [13]**



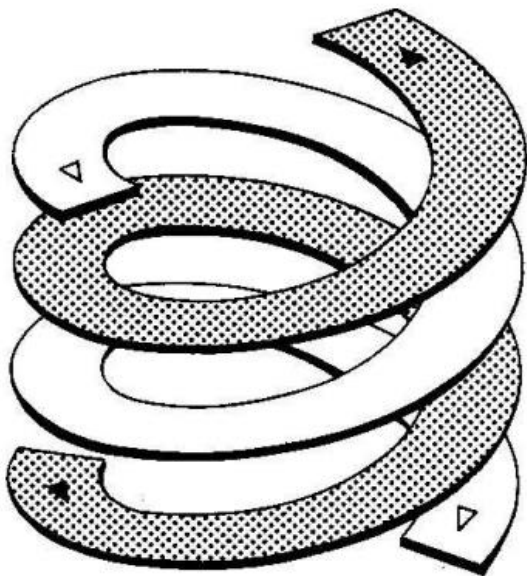
**Rampas por pisos, rectilíneas y en direcciones contrarias**; las de subida y bajada unas al lado de otras. Esta clase de rampas son parecidas a las anteriores, obligan a hacer 4 giros de  $90^\circ$  y se entorpece el tráfico con los coches que aparcen. La diferencia es que el recorrido por los pisos se hace en el mismo sentido y eso favorece la circulación. [13]

**Imagen 27. Rampas por pisos rectilíneas en direcciones contrarias [13]**



**Rampas de caracol de paso sencillo.** Éstas salvan la altura entre pisos consecutivos con una vuelta de hélice. Son necesarias una rampa de subida y otra de bajada. El piso donde se pretende aparcar o donde estaba aparcado el coche se puede alcanzar directamente sin tener que circular a través de los otros pisos. La pendiente de la rampa suele ser reducida, de un 6,5% para una altura entre pisos de 3m y un radio de 7,5m respecto a la línea central de la pista; pueden por lo tanto recorrerse cómodamente manteniendo el volante en la misma dirección. Consiguientemente tienen gran capacidad de tráfico. Debe cuidarse la visibilidad en las entradas y salidas a los pisos y en la misma pista de circulación.

**Imagen 28. Rampas de caracol de paso sencillo [13]**



**Rampas de caracol de paso doble.** Estas ofrecen para la subida y la bajada dos rutas independientes y separadas una de otra en una misma superficie de base. tienen rutas de circulación más cortas que con las rampas de paso sencillo.

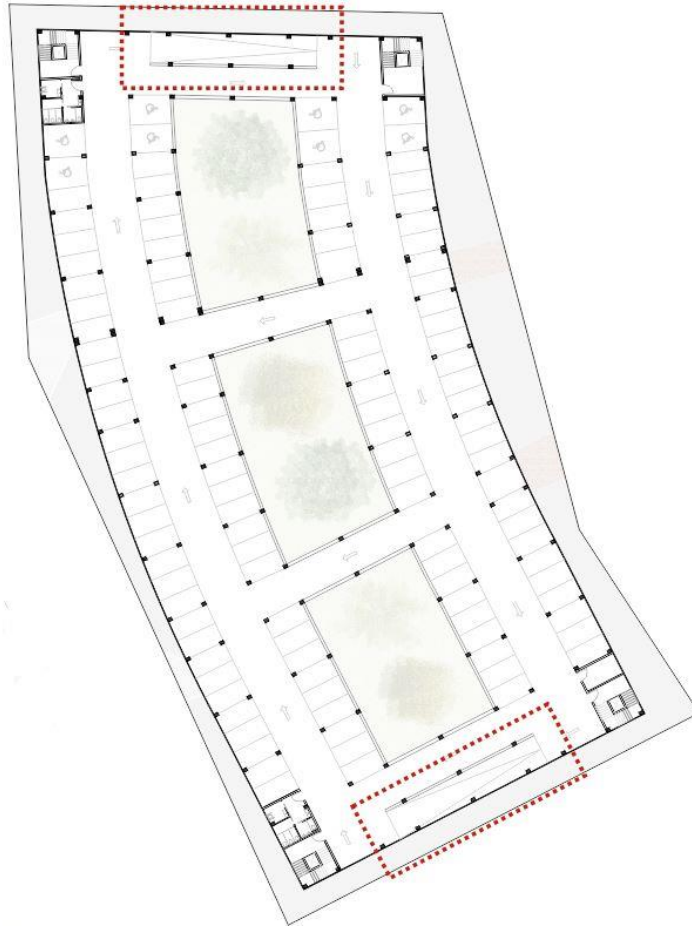
Considerando el estudio anterior, nos decidimos por rampa recta ya que, las rampas en hélice son más complicadas de ejecutar en estructura prefabricada, que las rampas rectas, además de que ocupan mayor espacio.

Por el diseño de nuestro edificio nos decantamos por rampas rectas paralelas por pisos. Tenemos rampas de subida y de bajada independientes, con sentido único, colocadas en lados opuestos del edificio.

Las rampas tienen 20 m de longitud y una anchura de 3.6 m. Salvan una altura de 3,2 metros por lo que tienen una pendiente de 16%.

**Imagen 29. Rampas de caracol de paso doble [13]**





**Imagen 30. Esquema rampas**



# 4 ALTERNATIVAS ESTRUCTURALES

---

**E**n este capítulo vamos a describir las diferentes alternativas estructurales de las que disponemos para una solución prefabricada y vamos a explicar el porqué de la solución adoptada.

## 4.1 Alternativas

### 4.1.1 Materiales. Hormigón y acero.

#### **Fabricación [15]**

Las construcciones de acero prefabricadas se construyen fuera y luego se distribuyen al lugar para un fácil ensamblaje. Mientras que las estructuras de hormigón se forman más comúnmente en terreno mediante encofrados que posteriormente se retiran. Por ello, el hormigón puede tomar cualquier forma.

La desventaja es que el hormigón es muy pesado y hace imposible que puedan construirse estructuras con mucha longitud.

Las construcciones de acero, sin embargo, pueden tener una gran longitud sin necesidad de disponer de muchos pilares.

#### **Disponibilidad [15]**

Ambos materiales están fácilmente disponibles. La diferencia es que el acero puede reutilizarse y para el hormigón es necesario fabricar de nuevo el material.

#### **Seguridad [15]**

El hormigón es muy resistente tanto a las solicitaciones como al fuego. Pero la desventaja básica de la seguridad es en áreas de actividad sísmica.

El acero tiene peor resistencia al fuego, necesita algún recubrimiento para mejorarla. Y maneja la actividad sísmica de forma mucho más segura que cualquier otro material. El acero por sí mismo tiene la habilidad de absorber la energía de un terremoto.

#### **Costo [15]**

El hormigón es bastante barato y está hecho de materiales fácilmente disponibles. El acero, por otra parte, disfruta de una relación fuerza-peso superior y le da más rendimiento a la misma cantidad de hormigón.

El costo de las construcciones en curso varía de acuerdo con los materiales usados. En muchos de los proyectos de construcción, el tiempo es indiscutiblemente dinero por lo tanto con los materiales que son más rápidos para la creación de construcciones ofreceremos una atractiva ventaja sobre las opciones más lentas.

Mientras se prepara el terreno, es posible realizar el montaje de la estructura de acero y ahorrar bastante tiempo.

Hablando del terreno, el incremento del peso del hormigón significa que necesitará bases más gruesas para mantenerlo firme. La construcción de acero también necesita menos trabajadores en terreno: el ensamblaje de

una construcción pre diseñada es sencilla por lo tanto no se necesita una labor de altas habilidades.

### **Mantenimiento [15]**

El hormigón es pesado y ayuda a mantener las temperaturas y reducir corrientes. Que a su vez hace más barato mantener el calor o el frío.

Las construcciones de acero no tienen propiedades aislantes fuertes. Por lo tanto, para mantener una temperatura interna se necesita un material aislante adecuado.

### **Medio Ambiente [15]**

Alrededor de la mitad del hormigón se recicla, aunque el material reciclado no se puede usar más para la construcción.

Mientras que casi todo el acero estructural se. Mejor aún, el material no pierde nada de sus propiedades de fuerza después de reciclarse.

### **Conclusión [15]**

El hormigón es un material confiable y antiguo usado a través del mundo en millones de construcciones. Su peso le da la fuerza y puede construir casi cualquier forma imaginable con él. El acero nos da muchas ventajas en cuanto a la rapidez de la construcción y al ser una estructura más ligera.

## **4.1.2 Tipología de forjado.**

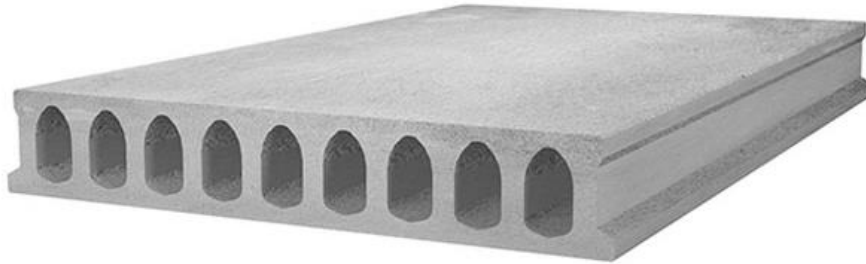
### **4.1.2.1 Placa alveolar**

#### **Características [16]**

- Las losas, son desde el punto de vista resistente, unidireccionales, es decir, se caracterizan por resistir a flexión en una sola dirección, dadas sus condiciones de apoyo y disposición de armaduras.
- El forjado de losas alveolares está constituido por piezas grandes y pesadas. Suelen tener una anchura de 2.40m puesto que es la anchura máxima del transporte normal sobre camión. Sin embargo, las limitaciones de los medios de elevación fuerzan a anchuras menores. Se usan mucho los anchos de 0.8m y 1.20m, submúltiplos ambos de 2.40m que permiten un completo aprovechamiento de la caja del camión.
- Las longitudes alcanzadas son más variables pudiendo superar los 30m y la relación canto/luz suele oscilar entre 1/25 y 1/30.
- Las piezas tienen 2 caras planas y las otras dos con perforaciones longitudinales. Las caras planas aportan una mayor inercia que permite alcanzar mayores luces a igualdad de canto o reducción de canto con la misma luz. Las perforaciones longitudinales permiten aligerar el peso propio de la losa.
- Las distintas placas se solidarizan posteriormente vertiendo hormigón en un receptáculo llamado rótula situado entre los bordes de una placa y la contigua. De esta manera queda garantizada la transmisión de las cargas transversales. Así se transmitirán sólo fuerzas cortantes y no momentos flectores.
- Se dispone una capa de compresión en obra de espesores 5, 8, 10 y 15 cm donde se aloja un mallazo de acero corrugado, como el que vemos en la ilustración 4.
- Las placas deben ir montadas un mínimo de 4cm sobre los muros de fábrica o sobre el tablero de encofrado o jácena prefabricada
- Tiene una fácil maniobrabilidad, sencillez y rapidez de ejecución.
- Es difícil hacer correcciones una vez ya está en obra
- Ofrece una mayor seguridad laboral
- Precisa buscar luego soluciones para conseguir un buen acabado inferior

### **Ventajas:**

- Buena distribución de cargas y reparto transversal
- Corto tiempo de ejecución
- Permite ahorro de encofrado, ferralla y hormigón de obra.
- Mayor seguridad en obra al poder caminar por toda la superficie de las placas
- Alta resistencia al fuego. Hasta 120 minutos con recubrimientos normales
- Soporta grandes luces con poco canto
- No es necesario usar capa de compresión en obra
- Mejor aislamiento acústico que el forjado tradicional
- Necesidad de mano de obra inferior al forjado tradicional.



**Imagen 31. Placa alveolar [17]**

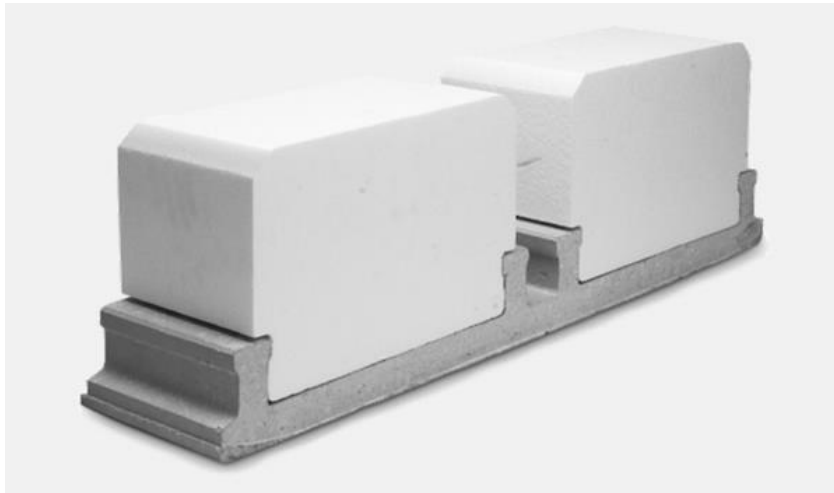
#### **4.1.2.2 Prelosas**

##### **Características [16]**

Se puede definir como una lámina de hormigón reforzado con aceros corrugados que contribuyen al funcionamiento mecánico del forjado, así como de celosías que forman la armadura de las vigas y de bovedillas de poliestireno expandido de densidad 20 kg/m<sup>2</sup>. La prelosa, una vez instalada, servirá de encofrado perdido, lo que evita el entablado de la obra. Posee una resistencia que da una total seguridad a la hora de desplazarse sobre ella. Su superficie vista es totalmente plana y lisa. Insertando los elementos necesarios, como cajas eléctricas, puntos de luz y registros, permite tener un acabado liso sin necesidad de falso techo. Se trata, además, de un producto fácil de manipular. Una vez colocado el mallazo de reparto y los negativos se procederá al hormigonado de la capa de compresión.

En el mercado tenemos varios tipos de prelosas. Además de las formadas por una placa de hormigón del que arranca una celosía, también tenemos otras versiones, actualmente presentes en muchas obras, que se semejan más a la placa alveolar tradicional quitándoles la capa superior de hormigón, quedando abiertos los alveolos. Su objetivo es presentar las mismas propiedades de la placa alveolar, pero aligerándola al máximo. Los alveolos de poliestireno le dan resistencia térmica. Pueden ser simplemente armadas o pretensadas. El espesor de la prelosa suele venir fijado por razones de recubrimiento de armaduras y manejo y transporte y, a veces, por limitación de la distancia entre sopandas. El canto más típico es de 26 cm, con

un peso igual al de las clásicas viguetas y bovedillas a las que sustituye. Se suele fabricar con anchos de 1.2m y 0.6m con longitudes autoportantes hasta 7m con 22+5 de canto, aunque hay casos en los que se puede llegar a luces superiores.



**Imagen 32. Prelosa [18]**

**Ventajas:**

- Mejora la contraflecha, haciendo que sea apenas inexistente
- Permite la utilización de grúas-torre normales de obra
- Mejora el aislamiento térmico gracias al poliestireno
- Ofrece un buen reparto de cargas transversales y entrega un menor peso a las cimentaciones y muros
- Pueden resistir 5 horas al fuego sin refuerzo de ningún tipo
- Dan espacio y luminosidad gracias a las luces que pueden alcanzar

#### **4.1.2.3 Forjado metálico de chapa colaborante**

**Características [16]**

Este tipo de forjado se compone de una chapa colaborante, armadura de positivos y negativos, un mallazo y una capa compresora de hormigón. El uso de una placa de chapa colaborante con un acabado de hormigón por encima data de 1938 en Estados Unidos. En este tipo de forjado se usan placas nervadas de acero como encofrado fijo capaz de soportar el hormigón vertido, la armadura y las cargas de ejecución. Posteriormente las placas de acero se combinan estructuralmente con el hormigón endurecido y actúan como una parte o la totalidad de la armadura a tracción en el forjado acabado. La característica principal de la chapa como base de encofrados de losas y forjados reside en su carácter “colaborante”. La técnica del forjado colaborante consiste en hacer trabajar conjuntamente al hormigón con la chapa de acero nervada que le sirve de soporte; trabajando esta última a tracción y el hormigón a compresión. El acero de la chapa perfilada cumple la función de soportar las cargas del vertido durante la fase de encofrado (peso propio de la chapa y el hormigón) y de montaje. Así como también sustituye a las armaduras para momentos positivos que se producen en la losa.

Este tipo de forjado se puede poner sobre correas metálicas o de hormigón o sobre muros de carga. Para contener el hormigón en el canto de la losa se colocará un perfil de acero de espesor 1,20 mm para alturas de losa de 100 a 150 mm, o de 2 mm si es mayor. El ancho de la chapa suele ser de unos 82 cm y la longitud es variable

dependiendo de las necesidades, viéndose sólo limitada por su posibilidad de transporte y manipulación en obra. La capa de compresión suele ser de 3-5cm garantizando una losa continua y sin grietas.



**Imagen 33. Forjado chapa colaborante [19]**

### **Ventajas**

- Rapidez de montaje
- Permiten grandes luces y cargas con una reducida sección.
- No se trata de elementos pesados teniendo en cuenta la carga que admiten.
- No es necesario apuntalar, a excepción de forjados sometidos a grandes cargas que recibirán un apuntalamiento central.
- No hace falta armadura de positivos
- No hay que retirar el plano de encofrado que es perdido.

En cambio, hay algunas **desventajas**:

- Alto costo
- Mal comportamiento térmico y acústico, fundamentalmente a través de vibraciones que transmiten a toda la estructura.
- Mal comportamiento ante el fuego, debiéndose proteger mediante materiales ignífugos.
- Peligro de oxidación, siendo necesaria la protección con pinturas antioxidantes

## **4.2 Alternativa adoptada**

Analizando el apartado anterior, tomamos una solución respecto a qué material y qué tipo de forjado vamos a utilizar para nuestra estructura.

En cuanto al material, nos vamos a decantar por el hormigón, ya que, al ser prefabricada, vamos a ganar esa rapidez de construcción que nos aportaba el acero. Además, no disponemos de grandes luces, por tanto, no necesitamos elementos estructurales de grandes dimensiones. También nos interesa del hormigón que es resistente al fuego, económico y no necesita gran mantenimiento.

Estudiando ahora las tipologías de forjado descritas anteriormente, descartamos el forjado de chapa colaborante. Esto es debido a que necesita viguetas auxiliares para el apoyo de la chapa y, por tanto, resulta más complicado de ejecutar que el forjado de placa alveolar o prelosa. Otro aspecto importante es el material, para el forjado de

chapa colaborante, al ser metálico, necesitaríamos tomar medidas para la protección contra el fuego, y esto conllevaría un sobre coste. Entre prelosa y placa alveolar, funciona mejor la placa contra el fuego.

También debemos tener en cuenta el tiempo de ejecución. Una de las ventajas de la prefabricación es la reducción de plazos y ya que las placas alveolares son prefabricadas, vamos a reducir considerablemente estos tiempos, al contrario que la chapa colaborante que requiere una ejecución más compleja.

Si tenemos en cuenta el canto del forjado en relación con el soporte de las solicitaciones, el forjado de placa alveolar presenta muy buenos resultados de resistencia con un canto de poca dimensión, además de que soporta grandes luces.

En conclusión, basándonos en todo lo anterior, la mejor alternativa es construir una estructura prefabricada de hormigón con forjado de placa alveolar.





## 5 DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA

El edificio de aparcamiento se construye partiendo de la disposición de las rampas y el forjado, que definen, junto a los pilares, el soporte estructural del conjunto.

El volumen queda definido por el conjunto de plantas que se cierran al exterior con la fachada aligerada de hormigón prefabricada. Al interior de los patios el edificio se cierra únicamente con un peto de hormigón.

A continuación, se describen los principales sistemas empleados atendiendo a las distintas partes de la obra, a modo de esquema general.

### 5.1 Cimentación

Analizando las capas de las que se compone el terreno, se llega a la conclusión de que el firme se encuentra a -2 m de profundidad, con composición del terreno de limos arcillosos y arenas amarillentas. Para la cimentación se opta por un sistema de cimentación superficial con zapatas aisladas.

Las zapatas serán realizadas in situ para no perder adherencia con el terreno. Tenemos dos grupos principales de zapatas según las cargas que le llegan al terreno. Por un lado, zapatas de dimensiones 3,1 x 3,1 m y por otro, zapatas de 2,1 x 2,1 m, ambas con un canto de 105 cm.

En las zonas donde las zapatas se encontraban muy cercanas unas de otras, se ha optado por colocar zapatas corridas, ya que la ejecución sería más complicada si fuesen aisladas.

Todas las zapatas se encuentran atadas con vigas riostras de 30x30 cm. Al ser zapatas centrales y no tener problemas de excentricidades, no es necesario realizar vigas centradoras.

Los detalles de replanteo, cálculo y armado se encuentran en los Anejos.

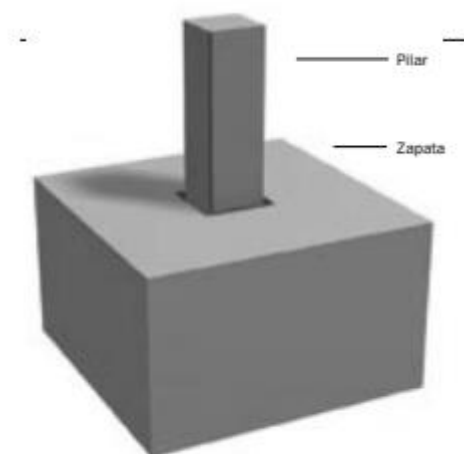


Imagen 34. Zapata aislada [20]

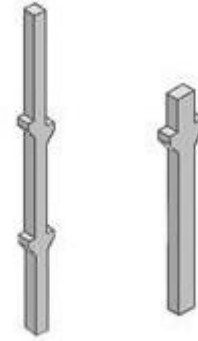
## 5.2 Estructura

### 5.2.1 Pilares

Se colocarán pilares prefabricados de hormigón, de dimensiones 40x50 cm. Los pilares son continuos en toda su altura desde la cota de cimentación. Disponen de ménsulas para apoyar las vigas.

Encontramos dos grupos de pilares, unos de altura 9,6 m que llegarán hasta la planta de cubierta, y otros de 6,4 m que soportan las cargas de las dos plantas de forjado de placa alveolar.

Los detalles de replanteo, cálculo y armado se encuentran en los Anejos.

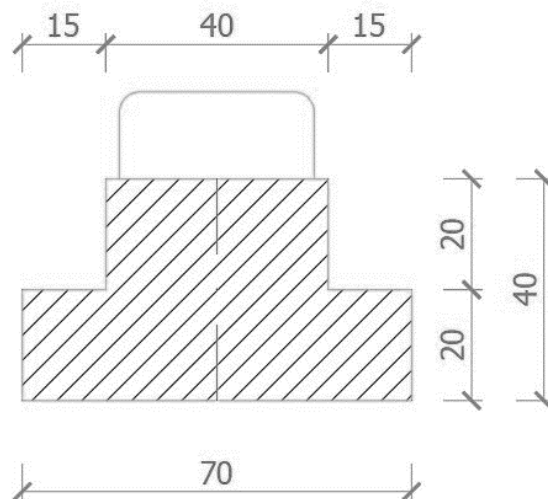


**Imagen 35. Pilares prefabricados [21]**

### 5.2.2 Vigas

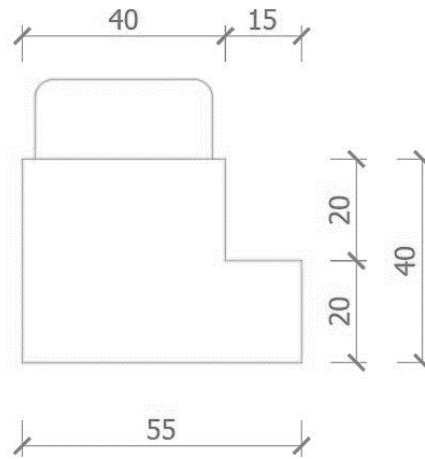
Disponemos de vigas prefabricadas de hormigón de diferentes tipos:

- Viga T invertida en el interior del edificio en primera planta y segunda, donde apoya el forjado de placa alveolar.



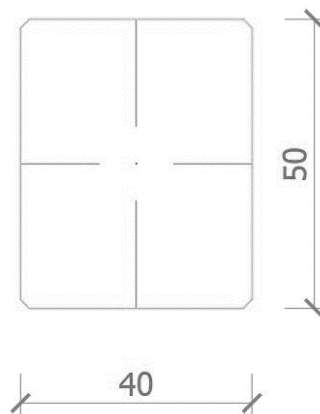
**Imagen 36. Viga T invertida prefabricada**

- Viga de borde en Len primera planta y segunda. Nos servirá para anclar los paneles de hormigón que configuran la fachada.



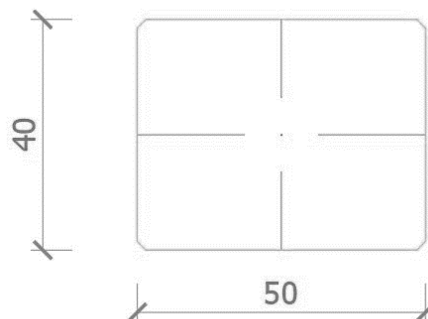
**Imagen 37. Viga L prefabricada**

- Viga rectangular en planta de cubierta para el apoyo de esta.



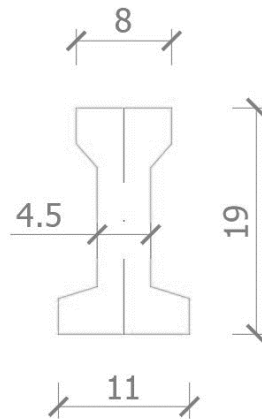
**Imagen 38. Viga rectangular prefabricada**

- Viga riostra para formación de huecos.



**Imagen 39. Viga riostra prefabricada**

- Correas sobre las que apoya la cubierta.

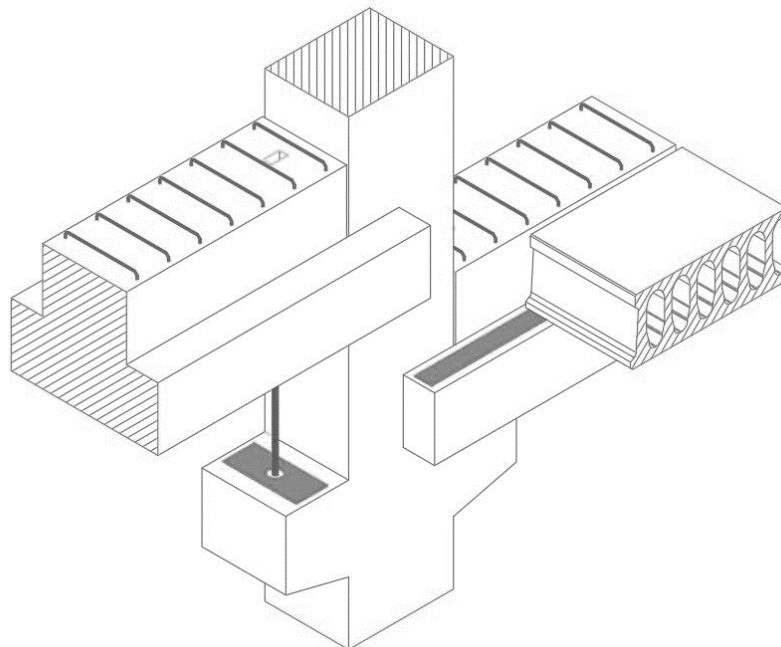


**Imagen 40. Correas prefabricadas**

Todas las vigas estarán simplemente apoyadas en las ménsulas de los pilares.

Debido a que las vigas en T invertida del forjado van apoyadas en las ménsulas de los pilares, se va a producir una discontinuidad en las vigas. Para solucionarla, en la viga de forjado, al tener un ancho mayor al del pilar, se va a alargar el ala sobre la que apoya el forjado hasta llegar al centro del pilar y estar en contacto con la siguiente viga que llega al pilar por el lado contrario.

En el siguiente detalle vemos lo explicado anteriormente:



**Imagen 41. Detalle encuentro viga-pilar**

### 5.2.3 Forjado

El forjado de la primera planta y segunda será una placa alveolar de 35 cm de canto arquitectónico (30+5) y un ancho de 120 cm. El forjado se colocará simplemente apoyado en las vigas interiores sobre una banda de neopreno.

Encima del forjado se ejecuta una capa de compresión de 5 cm de espesor, realizada con hormigón in situ HA-25 para darle continuidad y repartir las cargas en el forjado.

La armadura de reparto es una malla electrosoldada constituida por barras de Ø6 en dos direcciones perpendiculares.

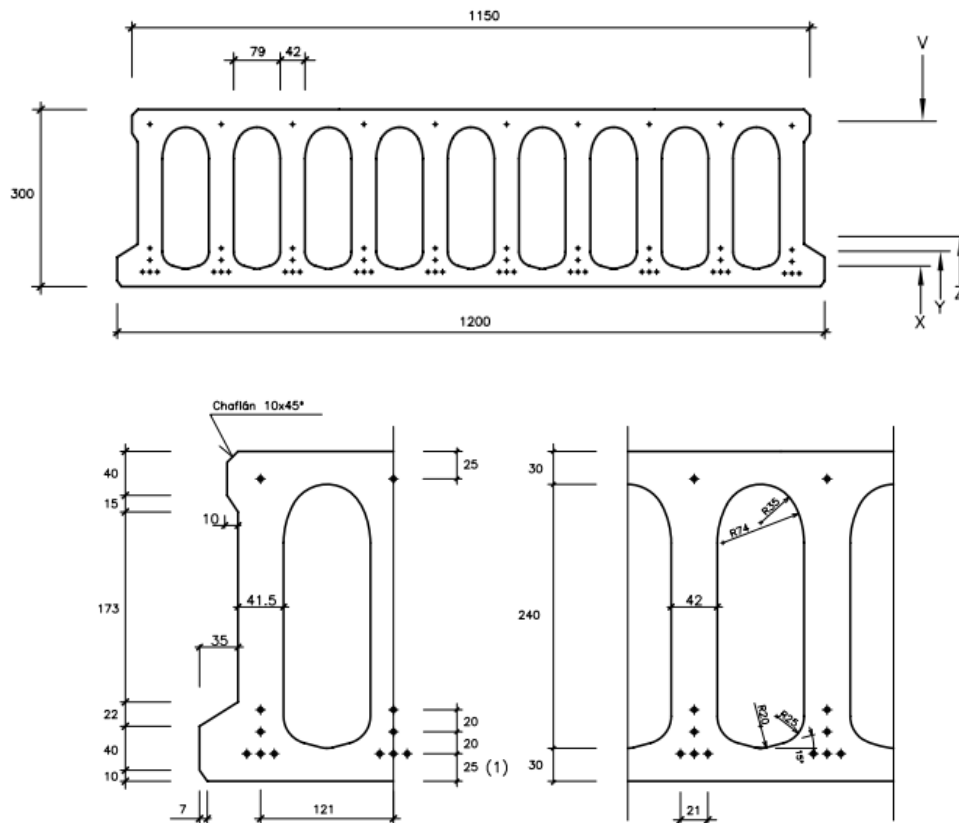
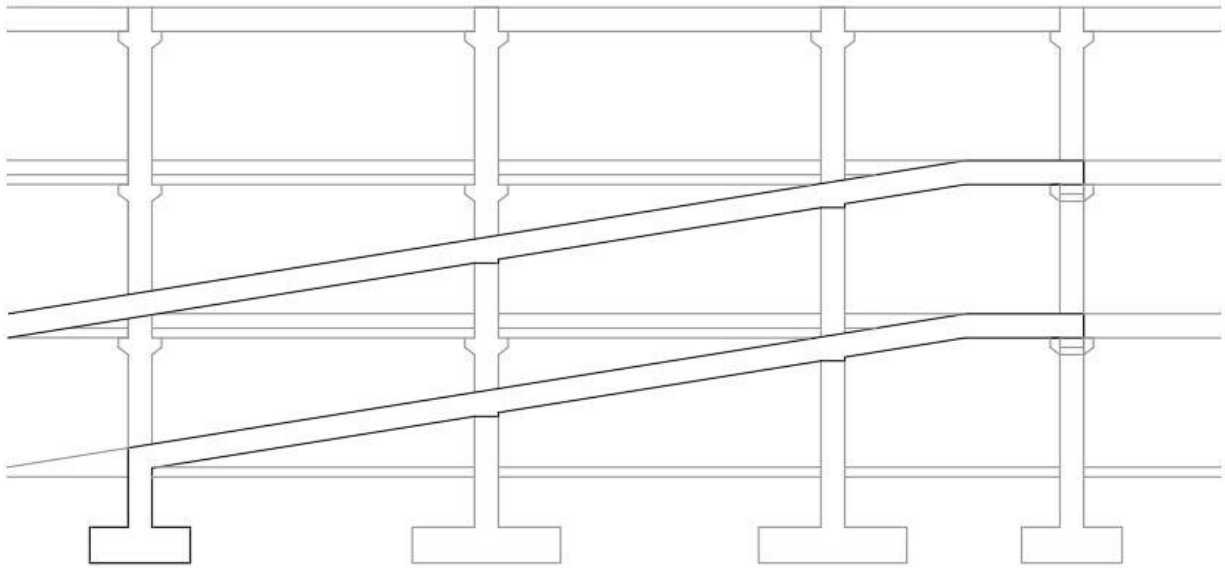


Imagen 42. Detalle forjado placa alveolar [22]

El forjado de la planta baja será una losa de 25 cm de espesor ejecutada in situ. Estará armado por una malla electrosoldada de Ø12 cada 15 cm, para evitar fisuras por la retracción del hormigón.

### 5.2.1 Rampas

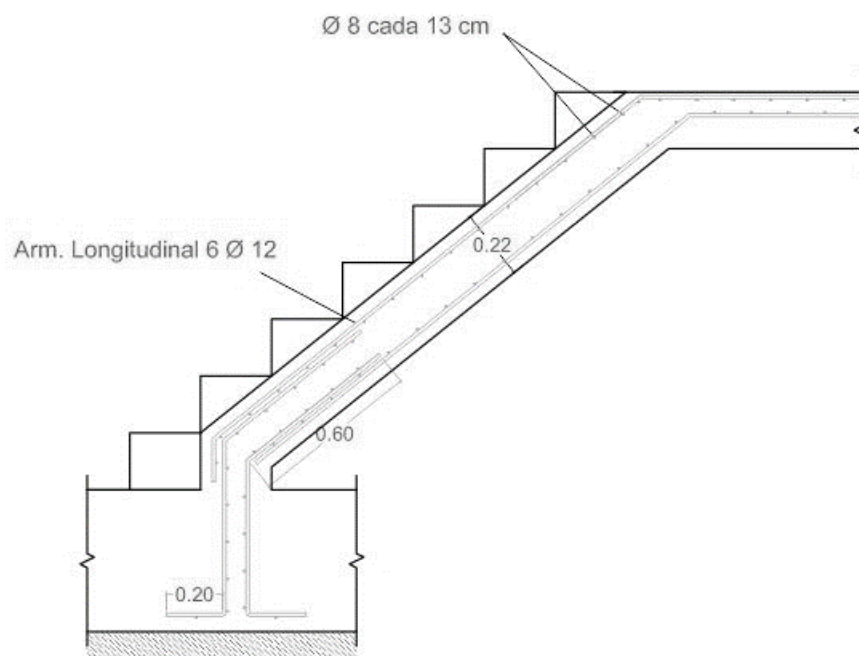
Las rampas de subida y de bajada se ejecutarán in situ con vigas inclinadas apoyadas en las ménsulas de los pilares. Todas tienen la misma longitud y la misma pendiente. Se va a realizar in situ ya que tiene una geometría complicada para construir con elementos prefabricados.



**Imagen 43. Detalle de rampa**

### 5.2.2 Escalera

Se realizarán con una losa de hormigón con un espesor de 20 cm. Sobre ella, un peldaño de ladrillo perforado, que soportará a su vez una solería.



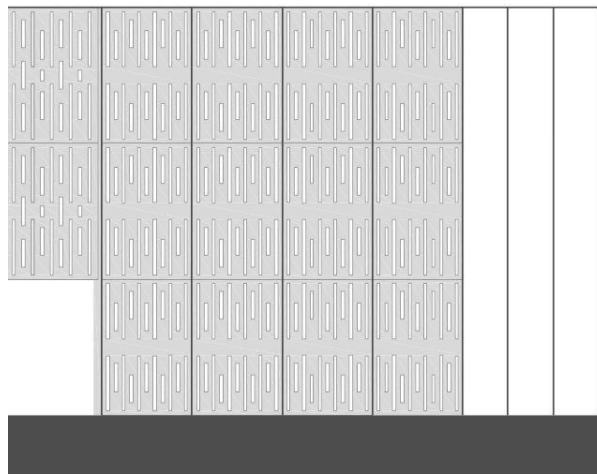
**Imagen 44. Detalle de escalera.**

El hueco del ascensor se realizará con un muro de hormigón de 30 cm continuo en toda la altura

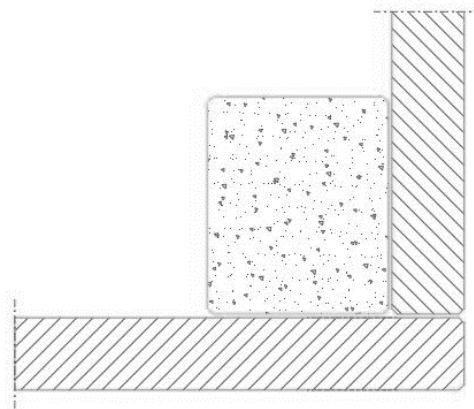
### 5.2.3 Cerramiento

Encontramos dos tipos de cerramientos, el de los alzados longitudinales y el de los transversales. En el caso de los transversales, colocamos paneles de hormigón aligerados opacos y en las longitudinales, paneles de hormigón aligerados con huecos formando una malla (ver planos de alzados).

Los paneles estarán dispuestos en vertical cubriendo toda la altura de la fachada y con un ancho de 2,50 m. Estarán anclados a los pilares y a las vigas de borde. Las juntas se sellarán con bandas de neopreno.



**Imagen 45. Paneles hormigón aligerado**



**Imagen 46. Detalle anclaje pilares [22]**

### 5.2.4 Tabiquería

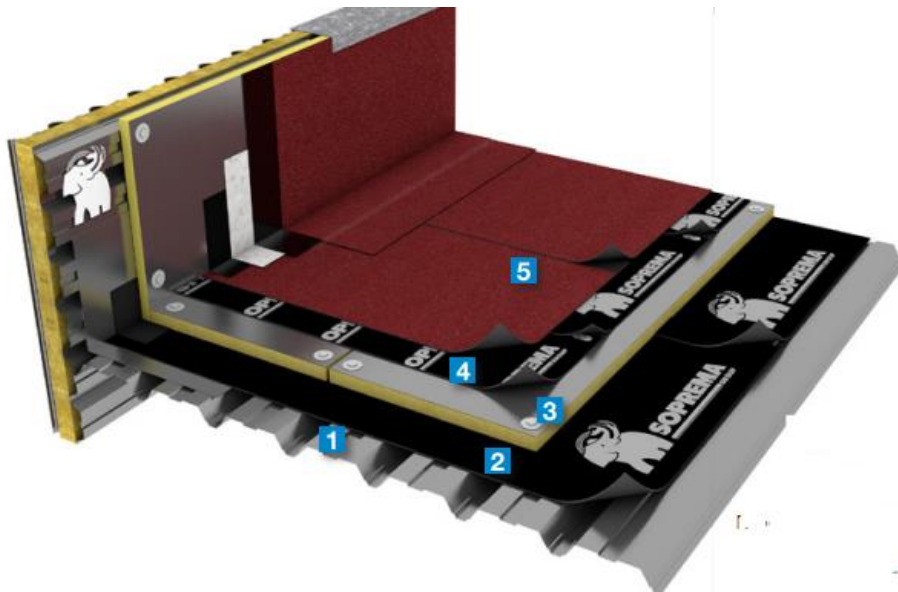
Panel sandwich de hormigón armado con aislamiento incorporado, con un espesor total de 12 cm.



### 5.2.5 Cubierta

Para la cubierta usamos una cubierta Deck con soporte de chapa grecada con fijación mecánica de uso terciario o gran superficie. La formación de la pendiente se realiza con hormigón celular con un espesor medio de 8cm acabado en mortero de cemento con un espesor medio de 2 cms con resistencia superficial necesaria para recibir la impermeabilización.

La cubierta estará soportada por las correas descritas anteriormente, dispuestas en la cubierta con una separación de 2 m.



SISTEMA MONOCAPA			
CAPA	SISTEMA BÁSICO	SISTEMA ÓPTIMO	SISTEMA REFORZADO
1 SOPORTE	CHAPA GRECADA 0,75 mm		
2 BARRERA DE VAPOR	MOPLY N PLUS FV 3 KG	TEXSELF 1,5	TEXSELF 1,5
3 AISLAMIENTO TÉRMICO	PIR AL 60	PIR AL 80	PIR AL 100
5 IMPERMEABILIZACIÓN	MORTERPLAS SBS FM 5 KG MIN	MORTERPLAS SBS FM 5 KG MIN	SOPRALÈNE ELITE FP 5 KG MIN G

Imagen 47. Cubierta Deck [23]



# 6 DESCRIPCIÓN DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL

---

El siguiente apartado tiene por objeto la descripción de las hipótesis de cálculo, elementos prefabricados y soluciones constructivas adoptadas para la definición y construcción de la estructura.

Esta Obra se plantea con el sistema estructural prefabricado, justificado técnicamente mediante el Anejo de Cálculo y los planos asociados al mismo.

## 6.1 Descripción del Sistema estructural adoptado.

El Proyecto estructural de esta Obra se basa en una solución con elementos prefabricados, mediante estructura evolutiva diseñada para un comportamiento isostático frente a las cargas en servicio y comprobada en fases provisionales de montaje.

Las piezas prefabricadas por PRECON, S.A.U. son estándar de su catálogo técnico, estando su fabricación debidamente controlada, desde el acopio de las materias primas, hasta la expedición del producto acabado.

## 6.2 Normativa aplicada

- Código Técnico de la Edificación (CTE06)
  - SE Seguridad Estructural
  - SE-AE Acciones en la edificación
  - SE-C Cimientos
  - SE-A Acero
- Instrucción de Hormigón estructural EHE-08
- EUROCODIGO 2
- NCSE-02 Norma sismorresistente
- Neoprenos.
  - Recomendaciones del MOPU para el cálculo de apoyos elastoméricos 1982.

## 6.3 Hipótesis y criterios de diseño y cálculo.

### 6.3.1 Bases de cálculo.

El cálculo completo de la estructura se ha llevado a cabo mediante criterios generales de la Mecánica Elástica en cuanto a la deducción de las solicitaciones en las secciones resistentes producidas por el conjunto de las acciones expresadas en las Instrucciones y Normas que se citan expresamente.

El estudio de las secciones se ha efectuado mediante criterios de Estados Límites, considerando:

- Por una parte, el Estado Límite de Servicio, bajo las combinaciones de acciones más desfavorables, valores característicos y con los materiales sin minorar; comprobando que los estados, tensiones y deformaciones en todos los elementos de la estructura se encuentran en condiciones adecuadas; es decir, con valores inferiores a los límites expresados en las Instrucciones y Normas.

- Por otra parte, el Estado Límite Último de las secciones, comprobando que las solicitaciones más desfavorables mayoradas (valores de cálculo) de las diferentes acciones de la estructura presentan valores inferiores a los esfuerzos de agotamiento de dichas secciones; es decir, teniendo en cuenta las oportunas minoraciones de las resistencias de los diferentes materiales, así como las interacciones de las solicitaciones combinadas de cortantes, flectores y torsores.
- El desarrollo de los cálculos se ha efectuado, por regla general, mediante la ayuda de programas de cálculo electrónico, suficientemente contrastados por la experiencia, tales como los correspondientes a los sistemas de entramados y emparrillados. En todos los casos (independientemente de exponer todos los desarrollos numéricos deducidos) los cálculos se completaron con comprobaciones manuales de tipo aproximado que garanticen la correspondencia entre el cálculo y la realidad.
- Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático y se supone un comportamiento lineal de los materiales y, por tanto, un cálculo en primer orden, de cara a la obtención de desplazamientos y esfuerzos. En elementos sometidos a compresión o flexo-compresión se tienen en cuenta los efectos de segundo orden (no linealidad geométrica y mecánica) para su correcto armado.

### 6.3.2 Modelo estructural

El análisis de las solicitaciones se ha realizado mediante un programa de cálculo espacial, SAP2000 basado en métodos matriciales de rigidez, formando las barras, los elementos que definen la estructura: pilares, vigas principales, vigas secundarias y forjado. Se aplican las siguientes simplificaciones:

- Uniones entre barras con rigidez a flexión variable, con el objeto de modelizar el comportamiento evolutivo de la estructura desde las secciones simples a las compuestas.
- La unión a la cimentación se modeliza como un empotramiento en todos los pilares.
- Los elementos estructurales modelizados como barras se definen con sección constante de tal forma que tengan un peso propio y una inercia similares a los reales.

Dado que están relacionados entre sí por la compatibilidad de deformaciones se puede resolver la matriz de rigidez general y las asociadas y obtener los desplazamientos y esfuerzos en todos los elementos.

Para la obtención de los términos de la matriz de rigidez se consideran todos los elementos de hormigón en su sección bruta. Para el cálculo de los términos de la matriz de rigidez de los elementos se distinguen los valores de rigidez a flexión, a torsión y axil.

En los anejos se describe el modelo introducido en el programa informático.

### 6.3.3 Dimensionamiento y armado de elementos

En el dimensionamiento y armado de pilares se calculará a partir de los esfuerzos obtenidos con SAP2000.

Dimensionamiento y armado de los elementos horizontales (vigas/jácnas/forjados): se analizan individualmente como barras con cálculo de desarrollo propio para el dimensionamiento y cálculo del armado y pretensado, basados en la Normativa vigente aplicable. Los elementos estructurales modelizados como barras se definen con sección constante de tal forma que tengan un peso propio y una inercia similares a los reales.

## 6.4 Acciones consideradas

Nos basamos en la normativa descrita anteriormente.

### 6.4.1 Acciones permanentes

El valor característico del peso propio de los siguientes elementos constructivos se ha extraído del Anejo C del CTE-SE-AE (Tabla C.5) y de algunos catálogos oficiales de materiales.

- Cargas Permanentes en cubierta:

Correas - 0.35 kN/m<sup>2</sup>

Cubierta - 0.13 kN/m<sup>2</sup>

- Cargas Permanentes en forjado plantas 1 y 2

Peso propio forjado placa alveolar- 4.54 kN/m<sup>2</sup>

Rodadura – 1.6 kN/m<sup>2</sup>

Tabiquería – 1.0 kN/m<sup>2</sup>

- Cargas Permanentes en fachada:

Cerramientos — 19.2 kN/m

### 6.4.2 Acciones variables

El valor característico del peso propio de los siguientes elementos constructivos se ha extraído del Anejo C del CTE-SE-AE (Tabla C.5) y de algunos catálogos oficiales de materiales.

- Cargas variables en cubierta:

Correas - 0.2 kN/m<sup>2</sup>

- Cargas Variables en forjado plantas 1 y 2

Sobrecarga de uso- 4.00 kN/m<sup>2</sup>

### 6.4.3 Acciones del viento

La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, qe puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Siendo:

**Q<sub>b</sub>** La presión dinámica del viento. Su valor se obtiene mediante el anejo D del CTE-SE-AE, en función del emplazamiento geográfico de la obra.

**C<sub>e</sub>** El coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción.

**C<sub>p</sub>** El coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión.

El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse en el anejo D CTE-SE-AE del Siendo Sevilla (concretamente en Mairena) la ciudad donde se ubica el proyecto,  $q_b=0,42 \text{ kN/m}^2$

El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Su valor se puede tomar de la tabla 3.4 del CTE-SE-AE, siendo la altura del punto considerado la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento.

**Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición  $c_e$**

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
<b>I</b> Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
<b>II</b> Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
<b>III</b> Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
<b>IV</b> Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
<b>V</b> Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

**Tabla 2. Valores coeficiente de exposición [24]**

$$c_p = 1,9$$

La carga de viento depende de en qué zona del edificio actúe, de si se trata de paramento vertical o cubierta, y de su geometría. Los valores calculados hasta ahora son comunes para todas las cargas de viento. En el caso del valor del coeficiente de presión, deberemos diferenciar algunos elementos.

Para los paramentos verticales, el valor de presión depende de la esbeltez del edificio;

Dirección OX. Esbeltez del plano Y:

$$H/x = 9,6/69 = 0,14$$

$$c_p=0,7 \text{ y } c_s=-0,3$$

Dirección OY. Esbeltez del plano Y:

$$H/y = 9,6/98,10 = 0,1$$

$$c_p=0,7 \text{ y } c_s=-0,3$$

$$Q_{\text{presión}} = 0,42 \cdot 1,9 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{\text{succión}} = 0,42 \cdot 1,9 \cdot 0,3 = 0,24 \text{ kN/m}^2$$

Aunque menos de la mitad del perímetro representa una verdadera oposición frente al viento (debido a la permeabilidad de la fachada), se considera que la mitad está cerrada, para estar del lado de la seguridad.

Esta sobrecarga de viento se distribuirá entre los forjados de forma equitativa, y de forma lineal sobre las vigas, siendo la carga  $Q_{\text{presión}} = 1,68 \text{ kN/m}$ , distribuyéndose hacia cada viga de borde de los forjados.

#### 6.4.4 Acciones accidentales

##### 6.4.4.1 Sismo

Para el cálculo de la acción sísmica sobre el edificio se emplea el método general del espectro de respuesta, y no el método simplificado ya que el cálculo de acciones en función de masas no es suficientemente sencillo para

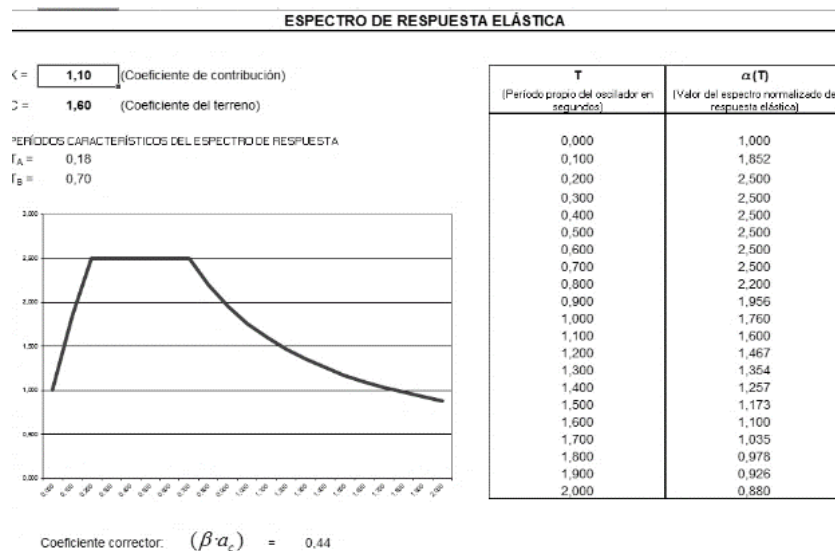
obtener un resultado realista.

El cálculo modal se realizará considerando 12 modos de vibración, y sumando los nodos y los efectos de su deformación (U1, U2, U3) en cada hipótesis según sistema SRSS.

Las variables necesarias para obtener el espectro de respuesta se consideran según el capítulo 2 de la norma [25]

- La aceleración sísmica básica toma el valor en Mairena del Aljarafe de  $a_c/g = 0,07$  según el anejo 1 [25]. Así la aceleración sísmica de cálculo será 0,07.
- El coeficiente del terreno para un terreno tipo III tendrá un valor  $C = 1,6$ , según el punto 2.4
- El coeficiente de contribución toma un valor  $K = 1,1$ , según anejo 1. [r10].
- Los periodos característicos del espectro de respuesta de valores  $T_a = K \times C / 10 = 0,176$

Así los valores del espectro de respuesta para cada periodo de vibración se obtienen según las expresiones definidas en el apartado 2.3 [r10], obteniendo el siguiente conjunto de valores a introducir en el programa de cálculo:



**Imagen 48. Espectro de respuesta [R10]**

Se considera una estructura de ductilidad baja  $u=2$ , de manera que las deformaciones obtenidas según este espectro se multiplicarán por 2 para obtener su valor real en la comprobación.

#### 6.4.5 Acciones reológicas y térmicas

No se consideran en el cálculo global de la estructura pues, de acuerdo con la Norma NBE-AE/88, la estructura proyectada no es hiperestática y sí del tipo de vigas y pilares sin unión rígida (isostática), y se deja confiada la libertad de movimiento de la estructura debido a este tipo de acciones, en caso de ser necesario, a las juntas de dilatación, que en los planos se señalan convenientemente.

## 6.5 Combinación de acciones

Se definen para cada caso las combinaciones de acciones para los Estados Límite Últimos y/o de Servicio según la Instrucción de Hormigón Estructural EHE08, con nivel de control normal. Asimismo se definen los valores representativos y característicos de las acciones para cada elemento y los correspondientes coeficientes de seguridad y simultaneidad.

### 6.5.1 Estados límites de servicio

- Combinación característica (Efectos debidos a acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{K,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Combinación frecuente (Efectos debidos a acciones de corta duración que pueden resultar reversibles):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + P + \Psi_{1,1} \cdot Q_{K,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Combinación cuasipermanente (acciones de larga duración):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

### 6.5.2 Estados límites últimos

- Situación persistente o transitoria:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{K,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Situación Accidental:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_{K,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Situación Sísmica:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

donde:

$G_{k,j}$  : Valor característico de las acciones permanentes

P: Valor característico de la acción del pretensado.

$Q_{K,1}$ : Valor característico de la acción variable determinante.

$\Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$  : Valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes.

$\Psi_{1,1} \cdot Q_{K,1}$  : Valor representativo frecuente de la acción variable determinante.



$\Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$  : Valores representativos cuasipermanentes de las acciones variables con la acción determinante o con la acción accidental.

Ad: Valor característico de la acción accidental o sísmica.

Los coeficientes parciales de seguridad para ELU, vienen definidos en el Art.4.2.3 del CTE DB-SE.

## 6.6 Combinación de acciones

Se adoptan como coeficientes parciales de seguridad los expuestos en las instrucción Española EHE, correspondientes a un nivel de control normal.

### 6.6.1 Estados límites de servicio

Corresponden a una puesta fuera de servicio de la estructura por razones de durabilidad, funcionales o estéticas.

Coeficientes parciales de seguridad de materiales:

Minoración del hormigón: 1,00

Minoración del acero: 1,00

Coeficientes parciales de seguridad de acciones:

TIPO DE ACCIÓN	EFFECTO FAVORABLE	EFFECTO DESFAVORABLE
Permanente	$\gamma_G = 1.00$	$\gamma_G = 1.00$
Pretensado	$\gamma_P = 0.95$	$\gamma_P = 1.05$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G*} = 1.00$	$\gamma_{G*} = 1.00$
Variable	$\gamma_Q = 0.00$	$\gamma_Q = 1.00$

**Tabla 3. Coeficientes parciales de seguridad [26]**

### 6.6.2 Estados límites últimos

Corresponden a una puesta fuera de servicio de la estructura por colapso o rotura de la misma o una parte de ella.

Coeficientes parciales de seguridad de materiales:

Minoración del hormigón: 1,50

Minoración del acero: 1,15

Coeficientes parciales de seguridad de acciones:

TIPO DE ACCIÓN	EFFECTO FAVORABLE	EFFECTO DESFAVORABLE
Permanente	$\gamma_G = 1.00$	$\gamma_G = 1.35$
Pretensado	$\gamma_P = 1.00$	$\gamma_P = 1.05$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1.00$	$\gamma_{G^*} = 1.50$
Variable	$\gamma_Q = 0.00$	$\gamma_Q = 1.50$

**Tabla 4. Coeficientes parciales de seguridad [26]**

## 6.7 Desarrollo del cálculo

En el anejo de cálculo se desarrolla un cálculo específico, aplicando las cargas consideradas se obtienen los esfuerzos que se comparan con el armado dispuesto en cada una de ellas.



# 7 DESCRIPCIÓN INSTALACIONES

---

## 7.1 Electrotecnia y alumbrado

El objeto del presente proyecto técnico es especificar todos y cada uno de los elementos que componen la instalación eléctrica, así como justificar, mediante los correspondientes cálculos, el cumplimiento del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT01 a BT51 y a las guías de aplicación publicadas hasta la fecha, así como las Normas Particulares de la Empresa Distribuidora de Energía en nuestro caso Endesa.

Se tratará de resolver las demandas y necesidades eléctricas de alimentación, realizándose las correspondientes previsiones no solamente en el aspecto del suministro eléctrico propiamente dicho de seguridad y protección, sino también procediendo a prever las necesidades que puedan presentar esta en cuanto a ahorro y control, y también con respecto a las restantes instalaciones (agua, climatización, ...)

La normativa de aplicación para esta sección será:

- Reglamento de Condiciones Generales y de Seguridad de las Instalaciones de Alta Tensión.
- Normas dictadas por la Empresa Suministradora para instalaciones de enlace en edificios.
- Nuevo Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).
- Diferentes Normas UNE y EN de obligado cumplimiento. Normas Técnicas de construcción y montaje de las instalaciones eléctricas de la compañía suministradora de energía.

### 7.1.1 Componentes de la instalación

Se trata de una instalación eléctrica de baja tensión para un edificio de aparcamientos, que incluye sistemas de control de acceso y salida del mismo, así como sensores de ocupación de las plazas de aparcamiento.

Por tanto, la instalación que se define se adaptará a dicha zonificación, y la instalación eléctrica que se realice deberá tener en cuenta que cualquier avería que ocurra en una zona no afecte a las demás. Esta sectorización por usos permite un completo control de cada zona.

#### 7.1.1.1 Esquema de la instalación

Se representa aquí la secuencia de instalación que sigue este tipo de edificios:

- Media Tensión \_ MT.
- Acometida \_ A.
- Centro de transformación \_ CT.
- Derivaciones individuales \_ D.I.
- Cuadro General de Protección y Mando \_ C.G.P.M.
- Línea General de Distribución \_ L.G.D.
- Cuadro Secundario General Distribución \_ C.G.D.
- Instalaciones Interiores \_ I.I.

#### 7.1.1.2 Suministro y acometida

El suministro de corriente eléctrica se hace desde enganche con la red de distribución de la compañía suministradora en media tensión, trifásica a través de una acometida subterránea.

Según ITC-BT-11 entendemos por acometida la parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta a las cajas generales de protección, en nuestro caso la instalación se realizara según lo indicado en la ITC-BT-07 ya que se trata de una acometida subterránea.

La necesidad de un centro de transformación queda justificada por las exigencias de la reglamentación de Real Decreto de 1955/2000 en su artículo 45, apartado 5 indica que cuando la potencia solicitada sea superior a 100 kW, o cuando al solicitar un nuevo suministro o se amplíe uno existente, se supere esta cifra, el solicitante deberá reservar un local, para posterior uso de la empresa suministradora, de acuerdo con las condiciones técnicas reglamentarias y con las normas establecidas por la empresa.

La línea de acometida será una línea subterránea a partir de dicha red hasta el centro de transformación. La acometida se protegerá mecánicamente mediante tubo de polietileno de diámetro nominal de 160 mm, dejándose otro de reserva de igual diámetro.

El punto de unión de la acometida con la red de distribución no estará a menos de 0,6 m de profundidad, tomada esta medida desde la parte superior de los cables en los que se realiza la conexión. La acometida se realizará en media tensión.

#### 7.1.1.3 Previsión de potencia

Las instrucciones técnicas complementarias del RBT no contemplan el uso del edificio en cuanto a la previsión de carga total. Si asimilamos nuestro edificio a cualquier otro de los que sí contempla, la ITC-BT-10 establece que la carga correspondiente se calculará considerando un mínimo de *100 W* por metro cuadrado.

Para el caso de la zona de aparcamiento, el ratio indicado, debido a que se consideran plantas con ventilación natural (>20% huecos en fachada), es de 10 W/m<sup>2</sup>.

Siendo:

Planta baja –superficie no climatizada = **471,14 m<sup>2</sup>**

Aseos planta –superficie no climatizada = 200,37 x 2 = **400,74 m<sup>2</sup>**

Aparcamientos –superficie no climatizada = **6546,04 m<sup>2</sup>**

$$P = + (471,14 + 400,74) \cdot 100 + (6546,04) \cdot 10 = 214227,30 \text{ W} = \mathbf{106,005 \text{ kW}}$$

#### 7.1.1.4 Centro de transformación

Según el artículo 47 ap. 5, cuando la potencia solicitada de un edificio sea superior a 100 kW, será necesaria la instalación de un transformador que permita la conexión de la red en el edificio a la red general de media tensión, para pasar a baja tensión en el indicado edificio. En este caso la previsión de potencia es superior  $P = 106 \text{ kW} > 100 \text{ kW}$ , por lo que sería necesaria la reserva de este local de 500 x 300 cm.

#### 7.1.1.5 Descripción de la instalación

Para una mejor comprensión del diseño de la instalación vamos a realizar una descripción de la misma siguiendo el recorrido de la energía eléctrica, desde el centro de transformación hasta los puntos de conexión en el edificio.

Al centro de transformación CT llega una línea enterrada de media tensión que conecta el mismo en bucle con

la red de toda la ciudad.

Desde este Centro de Transformación hasta las cajas generales de protección y medida CGPM situadas en el exterior del edificio tal y como dicta el reglamento, discurrirán cuatro derivaciones eléctricas también enterradas, del tipo B2 (220/380 V), cada una con determinada potencia a distribuir por el interior del edificio.

Las líneas generales de distribución LGD salen de su respectiva CGPM e irán hasta cada cuadro secundario general de distribución CGD, situados en zonas concretas del edificio organizadas según la potencia que conducen. La ubicación de estos CGD se indica en los planos de la instalación de electricidad.

De estos CGD parten los circuitos de la instalación interior hasta cada uno de los puntos de conexión del edificio.

#### **7.1.1.6 Elementos de la red de baja tensión**

##### **1) Acometida \_ A**

Según ITC-BT-11 entendemos por acometida la parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta a las cajas generales de protección, en nuestro caso la instalación se realizará según lo indicado en la ITC-BT-07 ya que se trata de una acometida subterránea.

La acometida se realizará siguiendo los trazados más cortos, discurrirá por terrenos de dominio público, por regla general, evitándose recorridos por patios interiores, jardines privados, garajes...

A poder ser, los trazados se realizarán paralelos a referencias fijas, tales como líneas de fachada y bordillos.

Los cables utilizados en las líneas subterráneas serán de aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a los que puedan estar sometidos.

Se instalarán los cables directamente enterrados, teniendo una profundidad hasta la parte inferior del cable no menor de 0,60 m en acera, ni 0,80 m en calzada. Para la correcta instalación de los cables se atenderá expresamente a lo indicado en el apartado 2.1.1 de la ITC-BT-07.

Estará formada por una terna de cables unipolares en aluminio, en contacto mutuo incluyendo el conductor neutro con aislamiento de XLPE directamente enterrados.

##### **2) Caja General de Protección y medida \_ CGPM.**

Según la ITC-BT-13, se instalará preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso. En nuestro caso, al tener un centro de transformación (CT), se instalarán en el mismo recinto. Revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno, estando protegida contra la corrosión disponiendo una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora. La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 30 cm. del suelo.

La CGPM a utilizar, como veremos en el apartado de dimensionado, corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora. Las intensidades máximas de los fusibles de la CGPM cuya misión es proteger al cable de la LGD, han sido elegidas para que soporten la intensidad requerida por la instalación.

Posteriormente a los fusibles habrá un contador de activa y otro de reactiva en el cuadro CGPM para medir el consumo total de baja tensión. Los contadores irán en un armario apropiado y destinado única y exclusivamente para este fin, siguiendo las características indicadas en la ITC-16, 2.2.2.

##### **3) Línea General de distribución \_ LGD**

Desde la CGPM partirá la línea LGD que se dividirá a su vez en diferentes derivaciones interiores que abastecerán las diferentes zonas del edificio.

#### 4) Cuadro General de distribución \_ CGD

Cada una de las líneas de distribución acomete a su correspondiente cuadro secundario (CGD) para conseguir que las instalaciones sean independientes. Se disponen a lo largo de todo el edificio distribuidos convenientemente según el criterio de diseño tomado. Todos los cuadros serán de tipo metálico para empotrar con revestimiento aislante y anticorrosivo, con la tapa de cierre del mismo material y grado de protección IP 425. Sus dimensiones dependen de los mecanismos que deben colocarse según cada caso particular.

La misión del cuadro de distribución y protección es doble, por un lado, sirve para conectar y distribuir la energía a los distintos circuitos y por otro sirve de alojamiento a los aparatos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos (interruptores magnetotérmicos de corte omnipolar) y contra contactos indirectos (interruptores diferenciales de 30 miliamperios), los esquemas de estos cuadros se indican en los planos correspondientes.

#### 5) Instalación Interior \_ I.I.

La distribución interior se hace con canalizaciones independientes para cada circuito e irán bajo tubos de cobre con los diámetros especificados. Todos los puntos de luz, así como el número de tomas de alumbrado y otros, se han previsto de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como las prescripciones particulares de la Compañía Suministradora. Para el cálculo de secciones se ha tenido en cuenta densidades de corriente admisibles y que las caídas de tensión no sean mayores de:

• Línea repartidora 0'5 % • Derivaciones individuales 1 % • Instalación interior 3'0 %

#### 6) Red de Puesta a Tierra \_ P.T.

La Puesta a Tierra en un edificio junto a los interruptores diferenciales es clave en la seguridad de las personas frente a los contactos eléctricos indirectos a través de las masas metálicas accesibles de un edificio que, por defecto de aislamiento de los conductores de fase, podrían estar sometidas a tensiones peligrosas. Las prescripciones sobre instalación de Tomas de Tierra y sobre Conductores de Protección, están contenidas fundamentalmente en la ITC-18.

La instalación de puesta a tierra del mercado consta de las siguientes partes:

- a) Un anillo cerrado de conducción enterrada (ITC-BT-18.): Para obtener una buena toma de tierra, se prevé la realización de una red en forma de anillo que discurre por el perímetro del edificio en la base de cimentación mediante conductor de cobre rígido desnudo de 35mm<sup>2</sup>, conectado mediante grapas de cobre las partes metálicas de canastas de zapatas o encepados para la masa metálica del edificio al que se conectan todas las puestas a tierra en el situadas. Este anillo se coloca a una profundidad no menor de 80 cm.
- b) Picas de puesta a tierra (electrodo) que es la parte del sistema que está en contacto con la tierra. El conjunto de picas va en función de las características del terreno donde se ubica el edificio y de la longitud de la conducción perimetral enterrada. Se trata de picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud, separadas entre sí una distancia mínima de 4m.
- c) Arquetas de conexión para hacer registrables las conexiones a la conducción enterrada de las líneas principales de bajada a tierra de las instalaciones del edificio.
- d) Punto de puesta a tierra; punto situado fuera del suelo, que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.
- e) Línea de enlace con tierra, que está formada por los conductores que unen el electrodo, con el punto de puesta a tierra. Conductor de cobre desnudo de 35mm<sup>2</sup>.

- f) Línea principal de tierra, formada por los conductores de protección de cada una de las derivaciones individuales.

A este circuito de puesta a tierra han de conectarse: las instalaciones de fontanería y climatización, así como todos los depósitos, los elementos metálicos con una masa importante (especialmente aquellos que forman parte de la estructura), como base de los ascensores, armarios metálicos, cuadros eléctricos, instalaciones especiales, los enchufes eléctricos y las masas metálicas de los aseos. Todas estas partes deben estar en contacto permanente y directo, sin ningún tipo de mecanismo intercalado y siempre con uniones limpias y de gran fiabilidad eléctrica.

## 7.1.2 Alumbrado

La propuesta de alumbrado tiene como objeto el acondicionamiento de los distintos recintos que componen el edificio. El estudio de dichos espacios se acomete de forma independiente, para calcular el alumbrado óptimo para las necesidades particulares de dichas zonas.

En general, se utilizarán luminarias de techo, empotradas en zonas como aseos, cuartos de instalaciones, etc., y luminarias pendulares regulables para zonas de aparcamiento. En las zonas exteriores, se utilizarán luminarias empotrables para suelo.

Las luminarias que se han elegido son de tipo LED con el objetivo de reducir el consumo eléctrico sin afectar al rendimiento lumínico.

### 7.1.2.1 Elección del tipo de luminaria

<p>Aseos</p> 	<p>ERCO QUINTESENCE REDONDO</p> <p>Luminaria empotrable para techo.</p> <p>LED – 12W – 1200lm</p>
<p>Zonas exteriores</p> 	<p>LINEA LIGHT GROUP FASIM 2 IP67</p> <p>Luminaria empotrable para suelo</p> <p>LED – 13W – 1300lm.</p>

**Imagen 49. Luminarias**



Dicha iluminación se realiza mediante luminarias LED montadas en superficie. Esta estará formada por 3 líneas paralelas que a su vez estarán divididos en 3 circuitos, como establece la norma ITC-BT 28 pto.4.d. En nuestro caso la división es mayor, pero esto nos permite un mayor control sobre la cantidad de luz, repercutiendo en la eficiencia del sistema.

La luminaria escogida para esta labor es del fabricante ENDO, modelo Base Light SOLID TUBE Lite, es un modelo de exterior, de 26,5W y de 4136lm de proyección difusa, con la intención de repartir al máximo el flujo luminoso sobre la superficie del aparcamiento.

En cada planta se dispondrá de un autómata que, mediante contactores, accionarán cada uno de los 9 circuitos presentes, disponiendo desde una consola central el control de todas las luminarias, eliminando la necesidad de instalar interruptores a los que el público tenga acceso y con la posibilidad de controlar todas las plantas desde otra consola situada en el CGPB.

A su vez, se instalarán sensores crepusculares, que activarán por circuitos las luminarias con el fin de una mayor eficiencia, evitando que se activen durante el día.

## **7.2 Suministro de agua**

El objetivo de este apartado será el de dotar al edificio de las instalaciones necesarias para atender la demanda de agua fría sanitaria.

Normativa de obligado cumplimiento:

- Para el diseño de la red de abastecimiento de agua cumpliremos el CTE-DB-HS (Salubridad), en concreto el CTE-DBHS4 (Suministro de agua)

### **7.2.1 Instalación de agua fría sanitaria (AFS)**

El objetivo de dicha instalación es proporcionar y suministrar agua a aquellos puntos del edificio que así lo requieran, conectando ésta con la red general de distribución; sin renunciar a las condiciones de confort que pueden verse afectadas por ruidos en las instalaciones, presión inadecuada en los puntos de consumo o incluso pureza del agua suministrada.

El abastecimiento del agua potable hasta el lindero de la parcela se realiza a través de la red general municipal de Mairena del Aljarafe (Sevilla) con los elementos y determinaciones constructivas exigidas por la empresa suministradora, en este caso Aljarafesa. La presión de servicio se establece en 60 m.c.a. Debido a la presión del servicio de abastecimiento de agua, y de la altura del edificio, será necesaria la instalación de un grupo de presión para garantizar el abastecimiento de agua.

Tras la conexión a la red pública, existirá una arqueta de registro situada fuera de la alineación del edificio, para control de la empresa suministradora. Al tratarse de un edificio que alberga únicamente aseos e instalación de protección contra incendios, no se prevé la utilización de agua caliente, por lo que no dispondremos de una red de distribución y abastecimiento de Agua Caliente Sanitaria (ACS).

La distribución de la red de abastecimiento de la red de agua de la instalación de protección contra incendios se ha dispuesto independientemente de ésta y está calculada, diseñada y trazada en el apartado correspondiente de seguridad contra incendios.

### 7.2.1.1 Criterios de diseño

El abastecimiento de agua contempla el suministro de agua al edificio, en dos circuitos básicos:

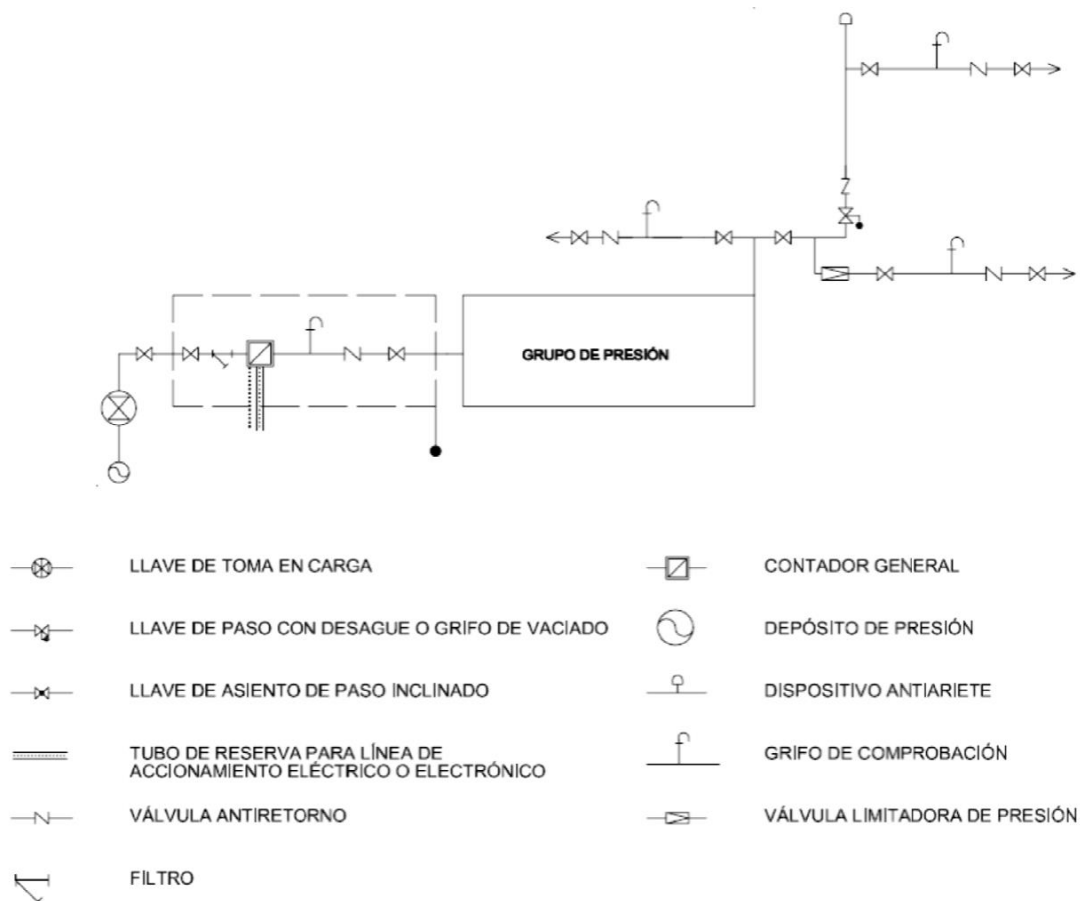
- Red de Agua Fría Sanitaria
- Red para Seguridad en Caso de Incendio.

El trazado de las redes de abastecimiento parte de la acometida de la red pública, una vez que la conexión se ha realizado se instala en la planta baja del edificio, la centralización de contadores dentro de un cuarto de instalaciones. A partir de este punto se disponen varios ramales. En los cuartos de instalaciones además dispondremos de los equipos necesarios para el abastecimiento de los equipos para la instalación de protección contra incendios.

La distribución vertical de los conductos de abastecimiento de agua se realizará a través de un hueco dispuesto en los aseos. Una vez la instalación alcanza la altura necesaria, los conductos discurren entre el falso techo (si lo tuviese proyectado en función del recorrido por el que discurra cada tramo) y el forjado.

### 7.2.1.2 Esquema general de la instalación

La instalación tendrá un esquema general con contador general único, según se muestra en el siguiente esquema:



**Imagen 50. Esquema de la instalación de suministro de agua [27]**

Se preverán 2 circuitos en función de los usos a los que dan servicio y su localización.

Habrán así:

1.- C2 → Aseos planta 1

2.- C2 → Aseos planta 2

### 7.2.1.3 Elementos de la instalación

- Acometida: partimos de una red pública de suministro continuo que discurre a lo largo de la vía pública. El abastecimiento de agua fría sanitaria al edificio se realiza a través de una acometida subterránea de acero galvanizado rugoso, con la llave de registro en el interior de una arqueta practicable colocada en el exterior del edificio. La instalación de la acometida y sus llaves correrá a cuenta del suministrador. Para permitir el paso del conducto a través del muro de cerramiento del edificio se practicará un orificio de modo que el tubo quede suelto permitiendo su dilatación, rejuntando esta holgura mediante la utilización de masilla plástica. Antes del contador se dispone la llave de corte general o de acometida, y un filtro. Posterior al contador se dispondrá un grifo de prueba y una válvula antirretorno y la correspondiente llave de paso.
- Instalación general: la instalación general debe contener, en función del esquema adoptado, los elementos que le correspondan de los que se citan en los apartados siguientes:
  1. Una llave de corte general, que servirá para interrumpir el suministro al edificio, y estará situada dentro de la propiedad, en una zona de uso común, accesible para su manipulación y señalada adecuadamente para permitir su identificación.
  2. Un filtro de la instalación general que retenga los residuos del agua que puedan dar lugar a corrosiones en las canalizaciones metálicas. Se instalará a continuación de la llave de corte general.
  3. Un armario o arqueta del contador general, que contendrá, dispuestos en este orden, la llave de corte general, un filtro de la instalación general, el contador, una llave, grifo o racor de prueba, una válvula de retención y una llave de salida. La llave de salida debe permitir la interrupción del suministro al edificio. La llave de corte general y la de salida servirán para el montaje y desmontaje del contador general.
  4. Un tubo de alimentación y un distribuidor principal, cuyo trazado se realizará por zonas de uso común. En caso de ir empotrado deben disponerse registros para su inspección y control de fugas. Deben disponerse llaves de corte en todas las derivaciones, de tal forma que en caso de avería en cualquier punto no deba interrumpirse todo el suministro.
  5. Las ascendentes o montantes deben discurrir por zonas de uso común del mismo e ir alojadas en recintos o huecos, contruidos a tal fin. Dichos recintos o huecos deben ser registrables. Deben disponer en su base de una válvula de retención, una llave de corte para las operaciones de mantenimiento, y de una llave de paso con grifo o tapón de vaciado, situadas en zonas de fácil acceso y señaladas de forma conveniente. La válvula de retención se dispondrá en primer lugar, según el sentido de circulación del agua. En su parte superior deben instalarse dispositivos de purga, automáticos o manuales, con un separador o cámara que reduzca la velocidad del agua facilitando la salida del aire y disminuyendo los efectos de los posibles golpes de ariete.
  6. Las derivaciones individuales discurren por zonas comunes y en su diseño se aplican condiciones análogas a las de las instalaciones particulares.
  7. Sistemas de control y regulación de la presión, donde el sistema de sobre elevación se ha diseñado de tal manera que se pueda suministrar a zonas del edificio alimentables con presión de red, sin necesidad de la puesta en marcha del grupo. Se instala en un local de uso exclusivo, situado en planta baja, que podrá albergar también el sistema de tratamiento de agua. Las dimensiones de dicho local son suficientes para realizar las operaciones de mantenimiento.
  8. Sistemas de reducción de la presión: deben instalarse válvulas limitadoras de presión en el ramal o derivación pertinente para que no se supere la presión de servicio máxima establecida en 2.1.3. Cuando se prevean incrementos significativos en la presión de red deben instalarse válvulas limitadoras de tal forma que no se supere la presión máxima de servicio en los puntos de utilización.

#### 7.2.1.4 Condiciones mínimas de suministro

Calidad del agua: el agua de la instalación debe cumplir lo establecido en la legislación vigente sobre el agua para consumo humano.

Protección contra retornos: se dispondrán sistemas antiretorno para evitar la inversión del sentido del flujo. Se dispondrán después de los contadores, en la base de las ascendentes y antes del equipo de tratamiento de agua.

Condiciones mínimas de suministro: la instalación debe suministrar a los aparatos y equipos del equipamiento higiénico los caudales que figuran en la tabla 2.1. [27]

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm <sup>3</sup> /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm <sup>3</sup> /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

**Tabla 5. Caudal instantáneo mínimo [27]**

En los puntos de consumo la presión mínima debe ser:

- a) 100 kPa para grifos comunes;
- b) 150 kPa para fluxores y calentadores.

La presión en cualquier punto de consumo no debe superar 500 kPa.

Mantenimiento: los elementos y equipos de la instalación que lo requieran tales como el grupo de presión, los sistemas de tratamiento de agua o los contadores, deben instalarse en locales cuyas dimensiones sean suficientes para que pueda llevarse a cabo su mantenimiento adecuadamente.

#### 7.2.1.5 Separación respecto de otras instalaciones

Las tuberías de agua fría deben ir separadas de las de agua caliente como mínimo 4 cm, y cuando estén en el mismo plano vertical, las de agua fría deben ir siempre por debajo. Así mismo irán también debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos.

#### 7.2.1.6 Derivaciones a cuarto húmedos y ramales de enlace

El dimensionado de la red se hará a partir del dimensionado del tramo más desfavorable de la instalación,

optando por una red unitaria.

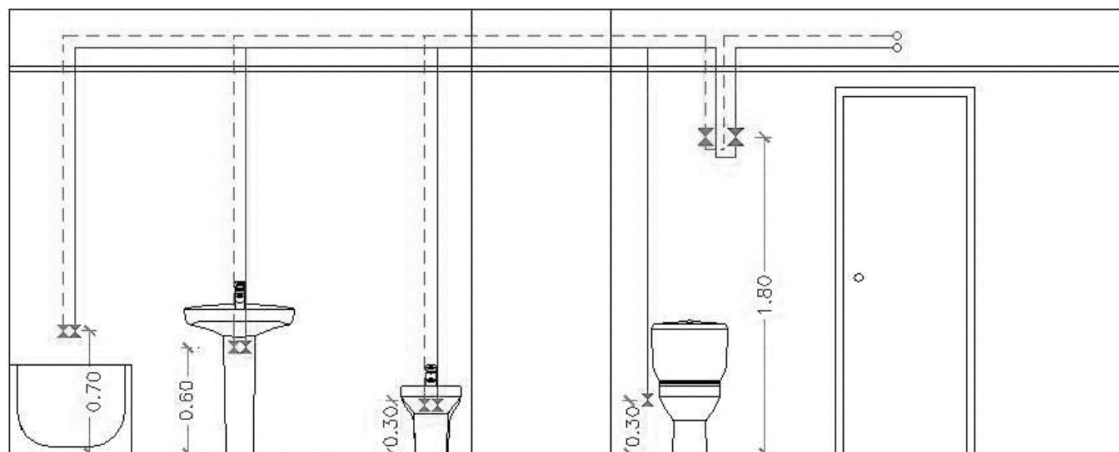
Se ha planteado el esquema principal sin realizar cálculos pormenorizados, no obstante, se considerarían para el cálculo los puntos de suministro más desfavorables en cada circuito, siendo en el caso del circuito 2.

Así se obtendrán unos diámetros previos que posteriormente se comprobarán en función de la pérdida de carga obtenida con los mismos.

Se calcularían los caudales acumulados en cada tramo de tubería, según el diseño propuesto, aplicando unos coeficientes de simultaneidad de nivel medio, debido a que nos encontramos en un edificio público.

En cuanto a los materiales que utilizaremos para ejecutar la instalación, las tuberías serán de polipropileno, mientras que la parte que llega a la acometida será de acero galvanizado. Por lo tanto, las velocidades para tuberías de polipropileno estarán comprendidas entre 0.5 y 3.50 m/s, mientras que para las de acero y cobre estará entre 0.5 y 2 m/s.

Los ramales de enlace a los diferentes aparatos se han dimensionado conforme a lo que se establece en la tabla 4.2. En el resto, se tomarán en cuenta los criterios de suministro dados por las características de cada aparato y se dimensionará en consecuencia.



**Imagen 51. Ramales de enlace [27]**

Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos		
Aparato o punto de consumo	Diámetro nominal del ramal de enlace	
	Tubo de acero (")	Tubo de cobre o plástico (mm)
Lavamanos	½	12
Ducha	½	12
Inodoro con cisterna	½	12

Urinario con grifo temporizado	$\frac{1}{2}$	12
Fregadero doméstico	$\frac{1}{2}$	12
Fregadero industrial	$\frac{3}{4}$	20
Lavavajillas doméstico	$\frac{1}{2}$	12
Lavavajillas industrial	$\frac{3}{4}$	20
Lavadora industrial	1	25

**Tabla 6. Diametros mínimos de derivaciones de aparatos [27]**

Diámetros mínimos de alimentación		
Tramo considerado	Diámetro nominal del tubo de alimentación	
Tramo considerado	Tubo de acero (")	Tubo de cobre o plástico (mm)
Alimentación a cuarto húmedo privado: baño, aseo, cocina	$\frac{3}{4}$	20
Alimentación a derivación particular: vivienda, apartamento, local comercial	$\frac{3}{4}$	20
Columna (montante o descendente)	$\frac{3}{4}$	20
Distribuidor principal	1	25

**Tabla 7. Diametros mínimos de alimentación [27]**

## 7.3 Evacuación de aguas

Se persigue con el diseño de la instalación de evacuación de aguas residuales y pluviales del proyecto que nos ocupa el cumplimiento de las exigencias que se encuentran caracterizadas y cuantificadas en el CTEDB- HS 5, al cual remitiremos constantemente en lo referente al diseño, al dimensionado, a la ejecución, a los productos de construcción y a las condiciones de uso y mantenimiento de la instalación que nos ocupa en este apartado.

### 7.3.1 Elección del sistema

En el proyecto se deben de recoger las aguas usadas procedentes de la red de instalación de suministro de agua,

así como las aguas de tipo pluvial que se recojan en la cubierta y las terrazas.

La elección del sistema de la red se hará en función de varios factores:

Uno de ellos es el sistema usado en la red urbana. Si ésta es separativa, nuestro edificio también deberá llevar obligatoriamente red separativa, en cambio si la red es unitaria nuestro edificio podrá tener un sistema unitario, separativo o semiseparativo.

En nuestro caso el edificio a estudiar se encuentra situado donde la red urbana de evacuación de aguas es unitaria. En consecuencia, en nuestro edificio haremos un trazado de red mixta, tratando por separado cada tipo de agua, pero disponiendo una conexión en la zona final antes de su salida a la red exterior. La conexión entre la red de pluviales y la de residuales debe hacerse con interposición de un cierre hidráulico que impida la transmisión de gases de una a otra y su salida por los puntos de captación tales como calderetas, rejillas o sumideros. Dicho cierre puede estar incorporado a los puntos de captación de las aguas o ser un sifón final en la propia conexión.

Otro factor importante es la cantidad de agua que el edificio va a evacuar. En nuestro caso el edificio tiene sólo tiene dos plantas con dos aseos por planta, por tanto, el volumen de agua residual no será excesivamente grande.

El diámetro de bajantes y tuberías de ventilación es constante a lo largo de toda su longitud, facilitando así una circulación uniforme tanto del agua como del aire en el interior de toda la tubería.

En su diseño se han tenido en cuenta las siguientes condiciones:

- Se han dispuesto elementos pasamuros y sistemas de sujeción que permitan la libre dilatación de la red de saneamiento.
- El encuentro de los bajantes con la red de colectores se ha resuelto mediante tramos inclinados (a 45°) que conectan con los colectores en sentido favorable a la circulación de las aguas.
- En los tramos de red colgada, la pendiente es del 1%,
- Los encuentros entre distintos tramos de tuberías serán registrables a través de registros roscados en la red superior y arquetas en la inferior.

Los colectores del edificio desaguan por gravedad en la arqueta general que constituye el punto de conexión entre la instalación de evacuación y la red de alcantarillado público a través de la correspondiente acometida. En nuestro caso existe una red de alcantarillado público, así que debe disponerse un sistema mixto o semiseparativo, como hemos citado anteriormente, y la red de canalizaciones debe conectarse con la red exterior correspondiente.

### 7.3.2 Elementos de la red de evacuación

- **Red pequeña evacuación**

Las redes de pequeña evacuación se han diseñado conforme a los siguientes criterios:

- a) el trazado de la red debe ser lo más sencillo posible para conseguir una circulación natural por gravedad, evitando los cambios bruscos de dirección y utilizando las piezas especiales adecuadas;
- b) deben conectarse a las bajantes; cuando por condicionantes del diseño esto no fuera posible, se permite su conexión al manguetón del inodoro;
- c) la distancia del bote sifónico a la bajante no debe ser mayor que 2,00 m;
- d) las derivaciones que acometan al bote sifónico deben tener una longitud igual o menor que 2,50 m, con una pendiente comprendida entre el 2 y el 4 %;
- e) en los aparatos dotados de sifón individual deben tener las características siguientes:
  - I) el desagüe de los inodoros a las bajantes debe realizarse directamente o por medio de un manguetón de acometida de longitud igual o menor que 1,00 m, siempre que no sea posible dar al tubo la pendiente necesaria.
- f) debe disponerse un rebosadero en los lavabos y fregaderos;
- g) no deben disponerse desagües enfrentados acometiendo a una tubería común;
- h) las uniones de los desagües a las bajantes deben tener la mayor inclinación posible, que en cualquier caso no debe ser menor que 45°;

i) cuando se utilice el sistema de sifones individuales, los ramales de desagüe de los aparatos sanitarios deben unirse a un tubo de derivación, que desemboque en la bajante o si esto no fuera posible, en el manguetón del inodoro, y que tenga la cabecera registrable con tapón roscado;

j) excepto en instalaciones temporales, deben evitarse en estas redes los desagües bombeados.

- **Bajantes**

Los bajantes se realizan sin desviaciones ni retranqueos y con diámetro uniforme en toda su altura excepto, en el caso de bajantes de residuales cuando la presencia de inodoros exija un diámetro concreto desde los tramos superiores que no es superado en el resto de la bajante. Además, el diámetro no disminuye en el sentido de la corriente.

- **Colectores colgados**

Los bajantes se conectan mediante piezas especiales, según las especificaciones técnicas del material.

Tienen una pendiente mínima del 1%.

No se acometen en un mismo punto más de 2 colectores.

En los tramos rectos, en cada encuentro o acoplamiento tanto en horizontal como en vertical, así como en las derivaciones, se disponen registros constituidos por piezas especiales, según el material del que se trate, de tal manera que los tramos entre ellos no superan los 15 metros.

- **Colectores enterrados.**

Los tubos se disponen según zonas: por un lado, en zanjas de dimensiones adecuadas, tal y como se establece en el apartado 5.4.3., situados por debajo de la red de distribución de agua potable y en otros embutidos en el interior de la losa de hormigón armado.

Tienen una pendiente mínima del 2%.

Se dispondrán registros de tal manera que los tramos entre los contiguos no superen 15m.

- **Elementos de conexión**

En redes enterradas la unión entre las redes vertical y horizontal y en ésta, entre sus encuentros y derivaciones, se realiza con arquetas dispuestas sobre cimiento de hormigón, con tapa practicable. Sólo acomete un colector por cada cara de la arqueta, de tal forma que el ángulo formado por el colector y la salida es mayor que 90°.

Deben tener las siguientes características:

a) la arqueta a pie de bajante debe utilizarse para registro al pie de las bajantes cuando la conducción a partir de dicho punto vaya a quedar enterrada; no debe ser de tipo sifónico;

b) en las arquetas de paso deben acometer como máximo tres colectores;

c) las arquetas de registro deben disponer de tapa accesible y practicable;

d) la arqueta de trasdós debe disponerse en caso de llegada al pozo general del edificio de más de un colector;

e) el separador de grasas debe disponerse cuando se prevea que las aguas residuales del edificio puedan transportar una cantidad excesiva de grasa, (en locales tales como restaurantes, el aparcamiento, etc.), o de líquidos combustibles que podría dificultar el buen funcionamiento de los sistemas de depuración, o crear un riesgo en el sistema de bombeo y elevación.

- **Subsistemas de ventilación**

Se opta por un sistema de ventilación de la instalación mediante válvulas de aireación, con el fin de no salir a niveles de cubierta y ahorrar el espacio ocupado por la ventilación secundaria y más tuberías.



Las válvulas de aireación se montarán entre el último y el penúltimo aparato, y por encima, de 1 a 2 m, del nivel del flujo de los aparatos. Se colocarán en un lugar ventilado y accesible. La unión podrá ser por presión con junta de caucho o sellada con silicona.

## 7.4 Climatización y Ventilación

El objetivo de este apartado será el de dotar al edificio de las instalaciones necesarias para atender la demanda de bienestar térmico a través de la climatización, con el fin de conseguir un uso racional de la energía consumida en el mismo, por consideraciones tanto económicas como sostenibles; ha de tenerse en cuenta junto a esto el resto de requisitos básicos que deben cumplirse en el edificio.

Las prestaciones de la instalación supondrán garantizar la climatización en cualquier época del año en los espacios que requieren acondicionamiento, con el fin de conseguir el buen funcionamiento del edificio y cumplir las condiciones de confort térmico para los usuarios.

Según el Artículo 11 Bienestar e higiene del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE):

- Calidad térmica del ambiente: las instalaciones térmicas permitirán mantener los parámetros que definen el ambiente térmico dentro de un intervalo de valores determinados con el fin de mantener unas condiciones ambientales confortables para los usuarios de los edificios.
- Calidad del aire interior: las instalaciones térmicas permitirán mantener una calidad del aire inferior a lo aceptable, en los locales ocupados por las personas, eliminando los contaminantes que se produzca de forma habitual durante el uso normal de los mismos, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado.

Las bases de cálculo estarán formadas por las siguientes normas:

- CTE DB-HE.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE).

### 7.4.1 Cumplimiento del RITE

En el caso de las zonas de aparcamiento, las condiciones de diseño deben responder a las exigencias del HS-3, DB SI, en lo relativo a evacuación de humos de incendios y de la UNE 100166 sobre ventilación de aparcamientos. Al tratarse de un aparcamiento no subterráneo es posible según CTE y UNE solucionar la ventilación empleando ventilación natural, siempre y cuando se cumplan las condiciones de diseño expuestas en el apartado 3.1.4.1, que sitúan la distancia máxima entre aberturas mixtas opuestas de 25 m, lo cual cumple.

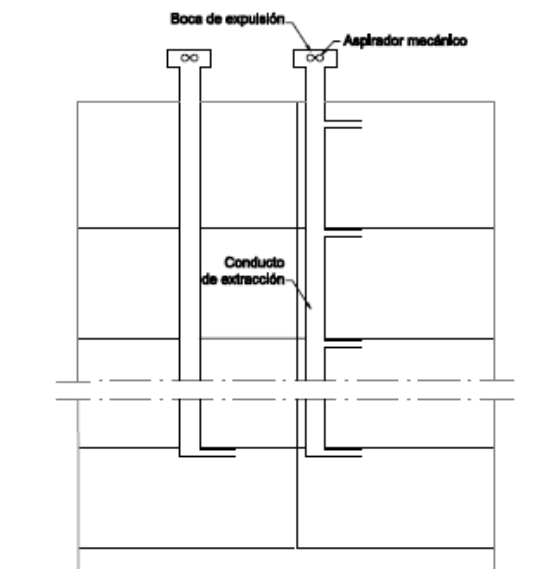
El edificio posee una fachada completamente abierta por todos sus lados, aunque envuelto en su perímetro por una fachada de hormigón aligerado, que permite el diseño de una fachada con huecos; mientras que la fachada de los patios permanece abierta, encontrando únicamente un peto de 1 m de altura.

La superficie de abertura debe ser mayor que la mínima exigida por UNE en el punto 4.3, de 2,5% de la superficie en planta, y el 5% exigido en DB SI, para considerar el aparcamiento como abierto. Debido al diseño explicado anteriormente, la condición para ventilación natural se cumple desde el diseño del proyecto, haciendo innecesario un sistema mecánico para extracción de humos de incendio.

Por otro lado, el diseño de la estructura asegura que el humo pueda escapar libremente por las fachadas del edificio.

Para el cálculo de la instalación de acondicionamiento de espacios, el proyecto se centra en las zonas de aseos asociados al uso de aparcamiento, estos irán únicamente ventilados

## 7.4.2 Ventilación de aseos



Al realizar una extracción mecánica tendremos en cuenta el apartado 3.2.4. en el que se establece que cada conducto de extracción debe disponer de un aspirador mecánico situado, después de la última abertura de extracción en el sentido del flujo del aire, pudiendo varios conductos compartir un mismo aspirador, excepto en el caso de los conductos de los garajes, cuando se exija más de una red.

Procedemos al dimensionado de las aberturas de paso entre los locales secos y húmedos tal y como establece la tabla 4.1:

**Imagen 52. Conductos de extracción independientes [27]**

- 70cm<sup>2</sup> en cada puerta de cada aseo (rejillas de 9x9 cm)

Procedemos al dimensionado de las aberturas de extracción en cada uno de los locales húmedos tal y como establece la tabla 4.1:

- 4· q<sub>v</sub> = abertura de extracción siendo q<sub>v</sub>=15l/s en cada aseo.

Tenemos dos paquetes de aseos. En cada paquete de aseos disponemos a su vez de tres aseos, por tanto, q<sub>v</sub>=45l/s en cada paquete.

Los conductos de extracción para la ventilación mecánica se dimensionan en función del apartado 4.2.2. como:

- $S \geq 2,5 q_t = 80 \text{ cm}^2$ . (Se dispondrá una columna de 10x10 cm)

## 7.5 Protección contra incendios

El diseño del edificio y sus medios de evacuación (protección pasiva) así como la elección de las instalaciones contra incendios (protecciones activas) se realizan según el documento de CTE DB SI y el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios.

El uso considerado para el edificio es APARCAMIENTO con establecimientos cuyo uso es PÚBLICA CONCURRENCIA (según el glosario del CTE).

### 7.5.1 Propagación interior

#### 7.5.1.1 Compartimentación en sectores de incendios

El primer paso en la definición del comportamiento ante incendios del edificio es la sectorización del mismo, según las condiciones que se establecen en la tabla 1.1 de la SI-1:

- Todo establecimiento debe constituir sector de incendio diferenciado del resto del edificio excepto, en edificios

cuyo uso principal sea Residencial Vivienda, los establecimientos cuya superficie construida no exceda de 500 m<sup>2</sup> y cuyo uso sea Docente, Administrativo o Residencia Pública. Por tanto, en nuestro caso, dividimos el edificio en 2 sectores, uno por cada planta de aparcamiento.

La tabla 1.2 de la SI-1 determina la resistencia al fuego de los elementos separadores con respecto a otros sectores de incendio. En nuestro caso, tanto los cerramientos bajo rasante como los que se encuentran sobre rasante tendrán una resistencia al fuego EI 120. Las puertas de paso entre sectores serán EI2 60-C5- Media Tensión \_ MT.

#### 7.5.1.2 Locales y zonas de riesgo especial

Los locales y zonas de riesgo especial se clasifican según los criterios que se establecen en la tabla 2.1 de la SI-1. El único local considerado de riesgo especial en el edificio es la zona de contadores: local de riesgo bajo.

Los locales así clasificados deben cumplir las condiciones de resistencia que se establecen en la tabla 2.2 de la SI-1. Dado que el edificio consta de zonas de riesgo bajo deben cumplir lo siguiente:

- Resistencia al fuego de la estructura portante: R 90
- Resistencia al fuego de las paredes y techos que separan la zona del resto del edificio: EI 90
- No requiere vestíbulo de independencia en cada comunicación de la zona con el resto del edificio.
- Puertas de comunicación con el resto del edificio: EI2 45-C5 2

#### 7.5.1.3 : Espacios ocultos. Paso de instalaciones

La compartimentación contra incendios de los espacios ocupables debe tener continuidad en los espacios ocultos, tales como patinillos, cámaras, falsos techos, suelos elevados, etc., salvo cuando estos estén compartimentados respecto de los primeros al menos con la misma resistencia al fuego, pudiendo reducirse esta a la mitad en los registros para mantenimiento.

La resistencia al fuego requerida a los elementos de compartimentación de incendios se debe mantener en los puntos en los que dichos elementos son atravesados por elementos de las instalaciones, tales como cables, tuberías, conducciones, conductos de ventilación, etc., excluidas las penetraciones cuya sección de paso no exceda de 50 cm<sup>2</sup>.

#### 7.5.1.4 : Espacios ocultos. Paso de instalaciones

Según la tabla 4.1 de la SI-1, los elementos constructivos del edificio tendrán los siguientes comportamientos de reacción al fuego:

SITUACIÓN	TECHOS Y PAREDES	SUELOS
<b>ZONAS OCUPABLES</b>	C-S2,D0	EFL
<b>ESCALERAS PROTEGIDAS</b>	B-S1,D0	CFL-S1
<b>APARCAMIENTO</b>	B-S1-D0	BFL-S1
<b>FALSOS TECHOS</b>	B-S3-D0	BFL-S1

**Tabla 8. Reacción al fuego**

En los edificios y establecimientos de Pública Concurrencia, las butacas tapizadas del salón de usos múltiples pasaran el ensayo según las normas siguientes:

UNE-EN 1021-1:1994 `Valoración de la inflamabilidad del mobiliario tapizado Parte 1: – fuente de ignición:

cigarrillo en combustión.

## **7.5.2 Propagación exterior**

La propagación exterior en el edificio en fachadas, cubiertas y medianeras, se estudia considerando la posibilidad de propagación de un sector a otro o a las escaleras protegidas y medios de evacuación. En nuestro caso la propagación entre medianeras no procede, por lo que nos limitaremos a fachadas y cubiertas:

### **7.5.2.1 Medianeras y fachadas**

Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior horizontal del incendio a través de la fachada entre dos sectores de incendio, entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas o hacia una escalera protegida desde otras zonas, los puntos de sus fachadas que no sean al menos EI 60 deben estar separados una distancia mínima de:

- 3,0 metros en fachadas enfrentadas.
- 2,0 metros en planos de fachadas que formen un de 90°.
- 0,5 metros entre huecos del mismo plano de fachada.

Con el fin de limitar el riesgo de propagación vertical del incendio por fachada entre dos sectores de incendio, entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas más altas del edificio, o bien hacia una escalera o pasillo protegido desde otras zonas, dicha fachada debe ser al menos EI 60 en una franja de 1 m de altura, como mínimo, medida sobre el plano de la fachada.

### **7.5.2.2 Cubiertas**

Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior del incendio por la cubierta, estatendrá una resistencia al fuego REI 60, como mínimo, en una franja de 0,50 m de anchura medida desde el perímetro del edificio, así como en una franja de 1,00 m de anchura situada sobre el encuentro con la cubierta de todo elemento compartimentador de un sector de incendio o de un local de riesgo especial alto.

## **7.5.3 Evacuación de ocupantes**

### **7.5.3.1 Calculo de la ocupación**

Para calcular la ocupación se han tomado los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla 2.1. Densidades de ocupación de la SI-3 en función de la superficie útil de cada zona:

Uso aparcamiento. Calculo la ocupación (o con la superficie y la tabla de la ocupación, o bien con el número de vehículos, a dos pasajeros por vehículo).

Aproximadamente 470 vehículos. Ocupación = 940 personas

### **7.5.3.2 Número de salidas y longitud de recorridos de evacuación**

En la tabla 3.1 de la SI-3 se indica el número de salidas que debe haber en cada caso como mínimo, así como la longitud de los recorridos de evacuación hasta ellas. Dado que en el edificio todas las plantas tienen una ocupación superior a 100 personas, todas tienen más de una salida de planta. Además, la longitud de los recorridos de evacuación desde su origen hasta alguna salida de planta no excede de 50 m ni de 25 m hasta algún punto desde el cual existan al menos dos recorridos.

### **7.5.3.3 Protección de las escaleras**

La tabla 5.1 de la SI-3 indica las condiciones de protección que deben cumplir las escaleras previstas para evacuación. En nuestro caso han de ser especialmente protegidas: sin embargo al encontrarse abiertas en su fachada con una superficie superior a la exigida por la norma, pueden considerarse escaleras abiertas al exterior, por lo que no ha de cumplir la condición de cerrarse en las plantas de aparcamiento. En el caso de la escalera central en la planta de restaurante, esta sí presenta compartimentación y vestíbulo de independencia, pues comunica con un sector diferente.

#### **7.5.3.4 Puertas situadas en recorridos de evacuación**

Las puertas previstas como salida de planta o de edificio y las previstas para la evacuación de más de 50 personas serán abatibles con eje de giro vertical y su sistema de cierre será de fácil y rápida apertura. Además, toda puerta de salida prevista para el paso de más de 100 personas en edificios de Pública Concurrencia abrirá en el sentido de la evacuación.

#### **7.5.3.5 Puertas situadas en recorridos de evacuación**

Se utilizarán señales de evacuación definidas en la norma UNE 23034:1988 conforme a los siguientes criterios:

- Las salidas de recinto, planta o edificio tendrán una señal con el rotulo “SALIDA”.
- La señal con el rotulo “Salida de emergencia” debe utilizarse en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia.
- Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos, visibles desde todo origen de evacuación desde el que no se perciban directamente las salidas o sus señales indicativas y, en particular, frente a toda salida de un recinto con ocupación mayor que 100 personas que acceda lateralmente a un pasillo.
- En los puntos de los recorridos de evacuación en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se dispondrán las señales antes citadas.
- En dichos recorridos, junto a las puertas que no sean salida y que puedan inducir a error en la evacuación debe disponerse la señal con el rotulo sin salida. Las señales son fotoluminiscentes y deben cumplir lo establecido en las normas UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 y UNE 23035-4:2003 y su mantenimiento se realizará conforme a lo establecido en la norma UNE 23035-3:2003.
- Iluminación de emergencia [según CTE DB SUA-4] Los edificios dispondrán de un alumbrado de emergencia que, en caso de fallo del alumbrado normal, suministre la iluminación necesaria para facilitar la visibilidad a los usuarios de manera que puedan abandonar el edificio en condiciones de seguridad permitiendo la visión de las señales indicativas de las salidas y la situación de los equipos y medios de protección existentes.

El alumbrado de emergencia estará presente en los recorridos de evacuación desde todo origen y hasta el espacio exterior seguro, en los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección contra incendios y los de riesgo especial indicados en DB-SI 1, en los aseos generales (por tratarse de un edificio de uso público), en los lugares en los que se ubican cuadros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado y en las señales de seguridad.

En rutas de evacuación, la iluminación de emergencia debe proporcionar una luminancia horizontal en el suelo de 1 lux. En los puntos en los que estén situados los equipos de seguridad, las instalaciones de protección contra incendios de utilización manual y los cuadros de distribución del alumbrado, la luminancia horizontal será de 5 lux, como mínimo.

Elegimos el modelo Euroslim EU-3000ST que da servicio a una superficie de hasta 62m<sup>2</sup>, tiene una potencia de 8w y es una luminaria de alumbrado no permanente.

#### **7.5.3.6 Control de humo de incendio**

Debe instalarse un sistema de control del humo de incendio capaz de garantizar dicho control durante la evacuación de los ocupantes. El diseño, cálculo, instalación y mantenimiento del sistema pueden realizarse de acuerdo con las normas UNE 23585:2004 (de la cual no debe tomarse en consideración la exclusión de los sistemas de evacuación mecánica o forzada que se expresa en el último párrafo de su apartado “0.3 Aplicaciones”) y EN 12101- 6:2005.

### **7.5.4 Instalaciones de protección contra incendios**

#### **7.5.4.1 Dotación de instalaciones**

Los edificios deben disponer de los equipos e instalaciones de protección contra incendios que se indican en la tabla 1.1 de la SI-4. Dicha tabla especifica los equipos y sistemas de protección exigidos en función de los usos, superficies y alturas, así como una serie de criterios generales de aplicación en cualquier edificio. De la tabla extraemos las diferentes exigencias para nuestro edificio que serán:

## EN GENERAL

### 1. Extintores portátiles de eficacia 21A 113B

## USO APARCAMIENTO

### 2. Boca de incendio equipada: la superficie construida excede de 500m<sup>2</sup>

### 3. Sistema de detección de incendio: en aparcamientos convencionales cuya superficie construida exceda de 500m<sup>2</sup>

### 4. Hidrantes exteriores: uno por cada 10000m<sup>2</sup> o fracción. Serán necesario dos.

A continuación, pasamos a justificar la disposición y características de cada uno de estos sistemas que deberá cumplir las exigencias del Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, en función de su posición y uso:

#### • **Extintores portátiles.**

Se dispondrán extintores en todo el edificio en número suficiente para que el recorrido real en cada planta desde cualquier origen de evacuación hasta un extintor no supere los 15 m (por tanto, estarán separados 30 m como máximo). En locales de riesgo especial se colocará un extintor en el exterior del local y próximo a la puerta de acceso, el cual podrá servir a varios locales o zonas. En el interior del local se instalarán además los extintores necesarios para que el recorrido real hasta alguno de ellos, incluido el situado en el exterior, no sea mayor de 15 m en el local de riesgo especial. El emplazamiento de los extintores permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio, a ser posible próximos a las salidas de evacuación y preferentemente sobre soportes fijados a paramentos verticales. El nivel superior del extintor quede como máximo a 1,70 m del suelo. En general, utilizaremos extintores de polvo ABC por su polivalencia, pues son diseñados para proteger áreas que contienen riesgo de fuego por combustibles sólidos (clase A), combustibles líquidos (clase B) y combustibles gaseosos (clase C).

#### • **Bocas de incendio equipadas**

En las zonas donde el CTE nos exige la instalación de bocas de incendio dispondremos un sistema formado por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías y las BIE necesarias. Escogemos BIE de tipo semirrígido por su mayor facilidad de uso para personal no cualificado y por tener un tiempo de respuesta más breve (porque no necesitan su completa extensión para poder usarse). La longitud de la manguera será de 30m. y contarán con una lanza que prologue la distancia de uso y con un diámetro de 25 mm.

Las BIE deberán montarse sobre un soporte rígido de forma que la altura de su centro quede como máximo a 1,50 m, sobre el nivel del suelo o a mas altura, siempre que la boquilla y la válvula de apertura manual si existen, estén situadas a la altura citada. Se situarán, siempre que sea posible, a una distancia máxima de 5 m de las salidas de cada sector de incendio, sin que constituyan obstáculo para su utilización.

Las BIES se dispondrán de manera que nunca estén separadas más de 50 m, ni que la distancia de cualquier origen de evacuación a ellas sea mayor de 25 m. Se deberá mantener alrededor de cada BIE una zona libre de obstáculos que permita el acceso a ella y su maniobra sin dificultad.

La red de tuberías deberá proporcionar, durante una hora como mínimo, en la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos BIE hidráulicamente más desfavorables, una presión dinámica mínima de 2 bar en el orificio de salida de cualquier BIE. Las condiciones establecidas de presión, caudal y reserva de agua deberán estar adecuadamente garantizadas.

#### • **Sistema de detección y alarma** Hemos escogido un sistema de detección de tipo analógico inteligente capaz de detectar el fuego y determinar exactamente el punto donde se ha producido. El sistema comprende el conjunto de detectores inteligentes dispuestos en el edificio, los pulsadores, las alarmas de incendio, la central de alarma y una red de bucles de cableado.

La situación de los detectores se realiza según los datos aportados por el fabricante, y según los valores de distancias y superficies máximos definidos por la UNE 23007-14 2009 en la tabla A.1 y A.2 del artículo A.6.5.2.1.2.

### **Detectores.**

Instalamos el detector óptico de humo (Notifier NFX/ISO-OPT). El cableado de la instalación de líneas de detección de incendios estará constituido por cable de cobre, par trenzado bicolor de 10 vueltas por metro apantallado. La sección de los conductores se determinará en función de las longitudes de las líneas y de la cantidad de elementos conectados, para evitar una caída de tensión superior al 10%. Consideraremos con mínimo un conductor de Cu 2x1,5 + 3x0,5 mm<sup>2</sup>. Las líneas de detección serán siempre en bucle cerrado, a partir de la central a las que pertenecen. Los cables irán en tubos de acero galvanizado.

### **Pulsadores.**

Dispondremos pulsadores manuales agrupados en el mismo punto con extintores para facilitar su localización. Se dispondrán de manera que la distancia máxima a recorrer desde cualquier origen de recorrido a un pulsador no supere los 25 m, y estarán conectados al correspondiente sistema de transmisión de alarma. Serán fácilmente visibles y estarán señalizados según UNE 23033-1, como exige el SI-4 Art 2.1. Los pulsadores deberán ser identificados fácilmente, sin riesgo de error, y estar provistos de un dispositivo de protección que impida su disparo involuntario. Escogemos el modelo de Notifier M700KAC-IFG/C

### **Central**

La central de alarma se dispone en un armario de acero en planta baja y conectados con un centro de control situado en el mostrador del centro de barrio. Utilizaremos una CENTRAL ANALOGICA DE CONTROL DE INCENDIOS ID3000. Se trata de una central modular microprocesada analógica y algorítmica para la detección y alarma de incendio que monitoriza y controla individualmente los elementos del sistema).

### **Alarma de incendio**

Utilizaremos un sistema de alarma apto para emitir por megafonía que emitirá señales acústicas y visuales. Las señales sonoras serán claramente diferenciables y audibles, ya sea al provocarse desde un puesto de control o por la activación de uno de los pulsadores. Dispondremos 1 en los sectores S1, S2 y S3 y 6 en el sector S4 para asegurar su audición en todo punto del edificio. Escogemos el modelo Notifier AWS32/R/R-I E4.6.1.4.

- **Hidrantes exteriores**

Se nos exige la colocación de dos hidrantes exteriores según CTE. Se trata de un sistema en arqueta según lo establecido en el Reglamento de Instalaciones. En este caso, utilizaremos un hidrante exterior de columna.

#### **7.5.4.2 Señalización de las instalaciones**

Los medios de protección contra incendios de utilización manual (extintores, bocas de incendio, hidrantes exteriores, pulsadores manuales de alarma y dispositivos de disparo de sistemas de extinción) se deben señalizar mediante señales definidas en la norma UNE23033-1 cuyo tamaño variará en función de la distancia de observación, en nuestro caso, 420 x 420 mm distancia de observación entre 10 y 20m.

# REFERENCIAS

---

- [1] [En línea] Available: [https://sevillapedia.wikanda.es/wiki/Mairena\\_del\\_Aljarafe](https://sevillapedia.wikanda.es/wiki/Mairena_del_Aljarafe)
- [2] [En línea] Available: <http://www.mairenadelaljarafe.es/es/municipio/historia/>
- [3] [En línea] Available: <http://www.mairenadelaljarafe.es/es/municipio/historia/>
- [4] [En línea] Available: <http://www.mairenadelaljarafe.es/es/municipio/situacion-y-comunicaciones/descripcion-y-ubicacion-geografica>
- [5] [En línea] Available: <http://www.mairenadelaljarafe.es/es/municipio/actividad-economica/datos-socio-economicos/>
- [6] [En línea] Available: <https://sevillapedia.wikanda.es/wiki/SE-30>
- [7] [En línea] Available: <http://www.mairenadelaljarafe.es/es/municipio/datos-de-poblacion/>
- [8] [En línea] Available: <https://es.goolzoom.com/mapas/>
- [9] [En línea] Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Puentes\\_de\\_Sevilla](https://es.wikipedia.org/wiki/Puentes_de_Sevilla)
- [10] PGOU de Mairena del Aljarafe
- [11] Manuel Sibreviela. La geometría en el proyecto de aparcamiento.
- [12] Bartraud Golberg. Architecture of invection.
- [13] J. Balsells, guía de diseños de aparcamientos
- [14] Decreto 293/2009, 7 de Julio, por el que se aprueba el reglamento que regula las normas para la accesibilidad en infraestructuras, el urbanismo, la edificación y el transporte en Andalucía, Sevilla, 2009.
- [15] [En línea] Available: <https://www.alliedbuildings.com/acero-versus-concreto/>
- [16] Laura Miquel López. Estudio comparativo de tipologías de forjados analizando su coste económico, social y ambiental.
- [17] [En línea] Available: <https://www.gilva.com/producto10-placas%20alveolares%20y%20placas%20tt.html>
- [18] [En línea] Available: <http://www.viguetasnavarras.com/prelosas>
- [19] [En línea] Available: <https://www.incoperfil.com/colaborante/>



- [20] [En línea] Available: [https://www.construmatica.com/archivos/27524/1\\_sistemas\\_de\\_cimientos.pdf](https://www.construmatica.com/archivos/27524/1_sistemas_de_cimientos.pdf)
- [21] [En línea] Available: [https://www.edilportale.com/prodotti/zanon-prefabbricati/pilastri-prefabbricati-in-c.a./pilastri-prefabbricati\\_1689.html](https://www.edilportale.com/prodotti/zanon-prefabbricati/pilastri-prefabbricati-in-c.a./pilastri-prefabbricati_1689.html)
- [22] [En línea] Available: <https://prefabricadosmartinezyvinuesa.com/productos/forjados>
- [23] Cubierta Deck. Empresa Soprema.
- [24] Código técnico de la edificación DB-AE
- [25] NCSE-02 Norma sismorresistente
- [26] Instrucción de hormigón estructural. EHE-08.
- [27] Código técnico de la edificación DB-HS
- [28] Código técnico de la edificación DB-SI



## ANEJO DE PLANOS

---



## An aerial photograph of a city, likely Beijing, with a central red square marking a specific location. Concentric dashed black circles are drawn around this center, with labels 100, 200, 300, 400, and 500 indicating distances. A network of red dashed lines connects various points across the city, some of which are marked with black dots and numbered 1 through 16. The map shows a mix of urban development, including residential areas, commercial districts, and green spaces.



The map illustrates the study area in Bogotá, Colombia. It features concentric dashed circles representing distance from the city center. A red dashed line indicates a specific route or boundary. Key locations labeled include 'c/ diseño' (design center), 'A-8057', 'A-8055', 'Se-619' (the study site), 'Av. Oceanía', 'Av. Cuba', and 'Av. Américas'. The map also shows various urban blocks and a large shaded area in the upper left corner.

- 
- An aerial map of the University of Michigan campus. The map shows various building footprints in white, green spaces in light green, and roads in grey. A red dashed line runs vertically along the right edge of the map, indicating a boundary. The map is oriented with North at the top.

The site plan shows a rectangular area outlined in red, representing the proposed development. This area is divided into three sections, each containing a circular feature with a curved arrow indicating a clockwise direction. The site is bordered by a dashed line to the north and a solid line to the south. To the west of the site is a residential area with several rectangular buildings. To the east is a road or path. The entire plan is enclosed within a red dashed border.

Escala: 1:2000	Nombre plano: ANÁLISIS DEL LUGAR	01
-------------------	-------------------------------------	----

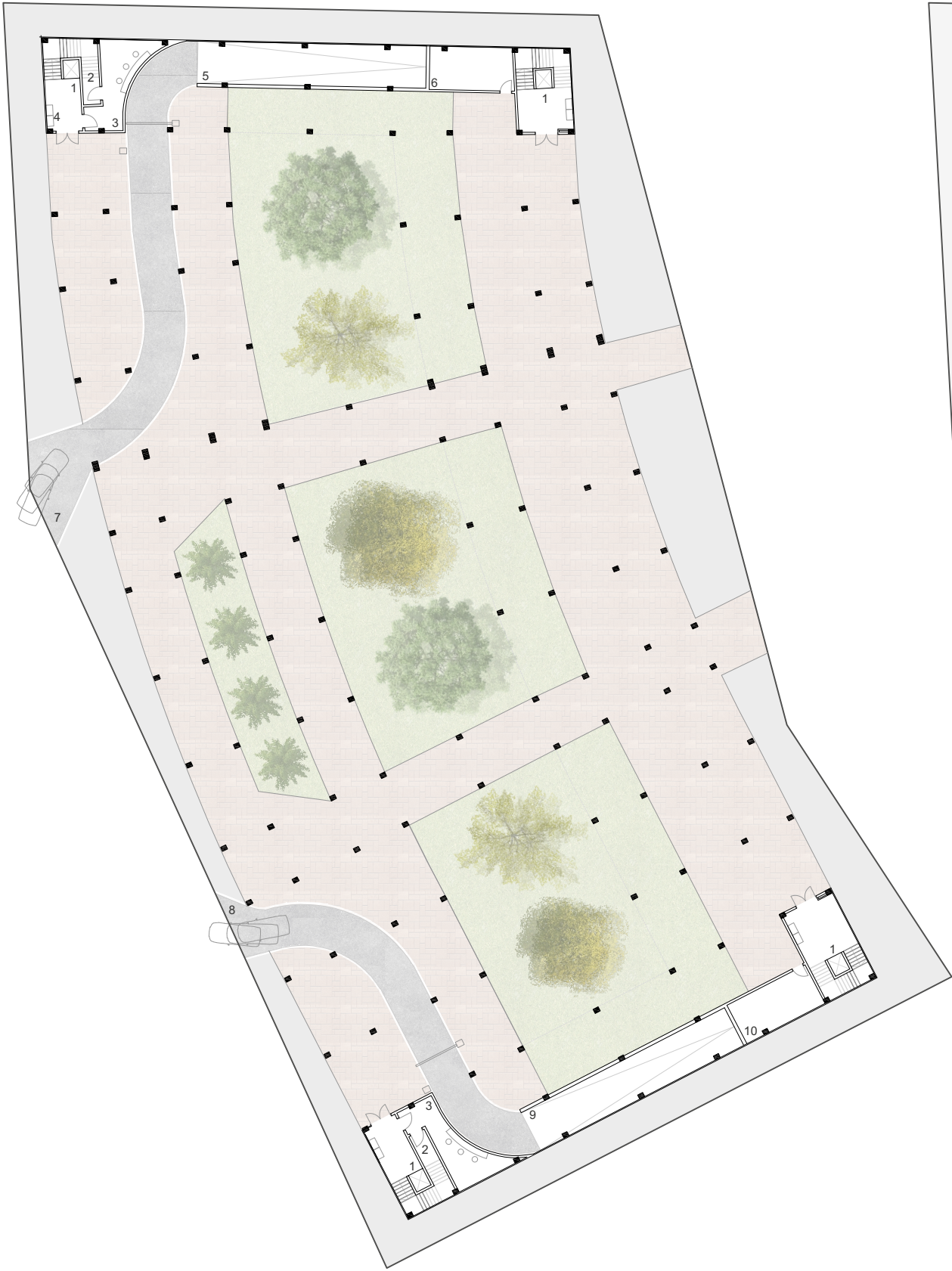


**Proyecto constructivo de edificio para uso principal  
aparcamiento con soluciones de estructuras prefabricadas**

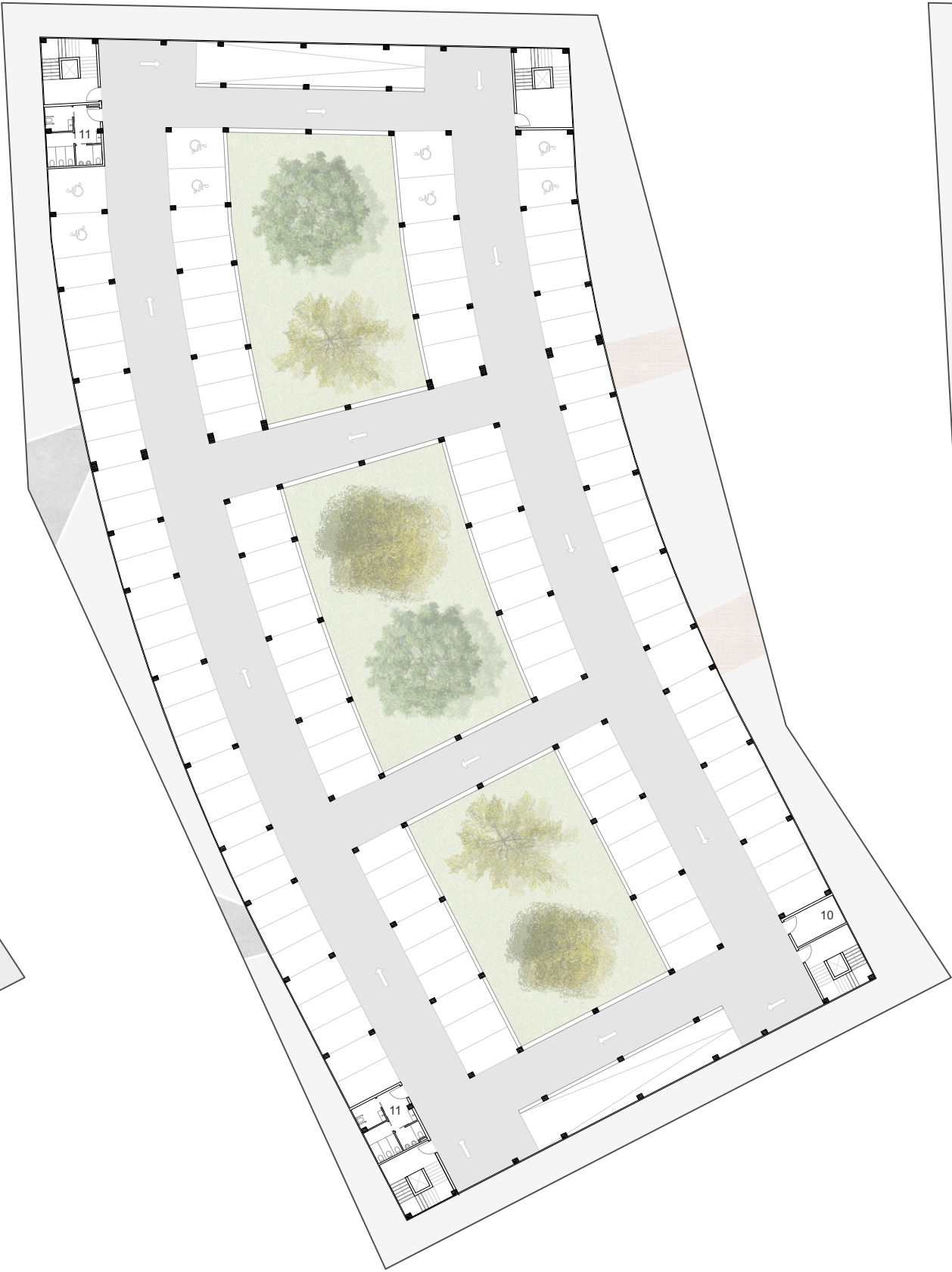
Alumno:	Tutor:
M. Victoria Platero Martínez	Jorge Roa Fernández

Escala:	Nombre plano:	ANÁLISIS DEL LUGAR	01
1:500			

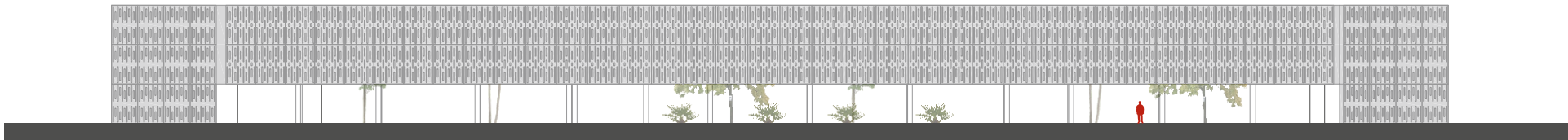
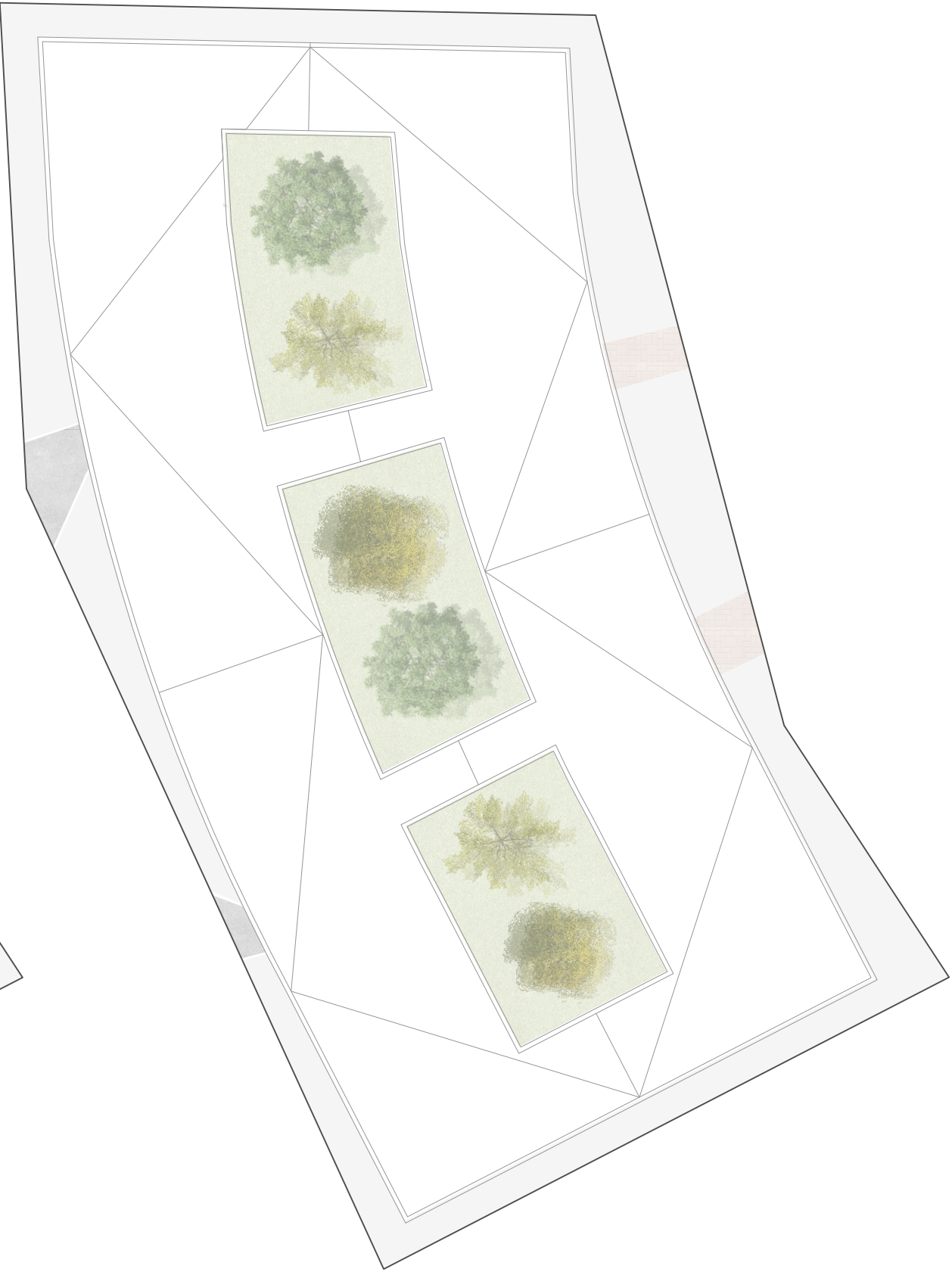
PLANTA BAJA



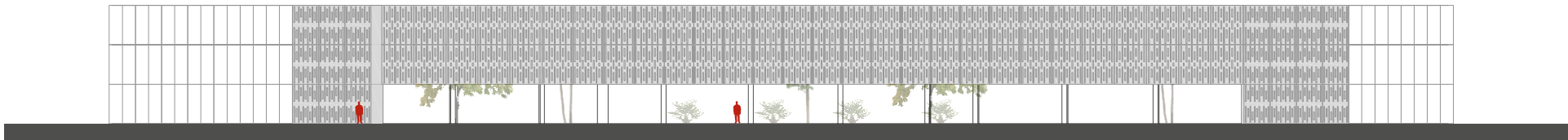
PLANTAS 1ª Y 2ª



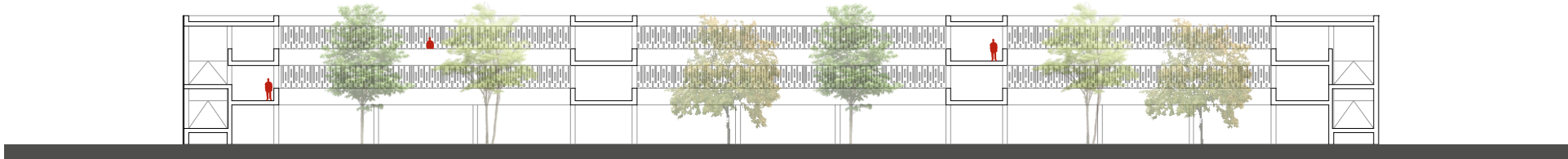
PLANTA CUBIERTA



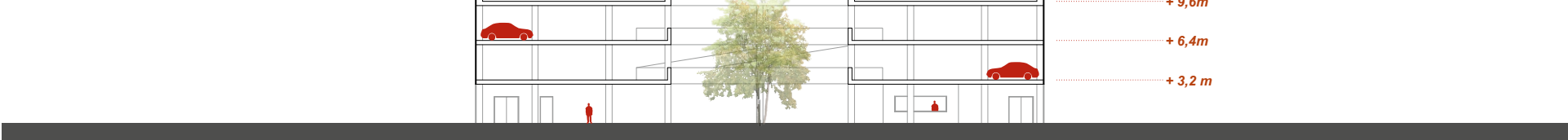
ALZADO A



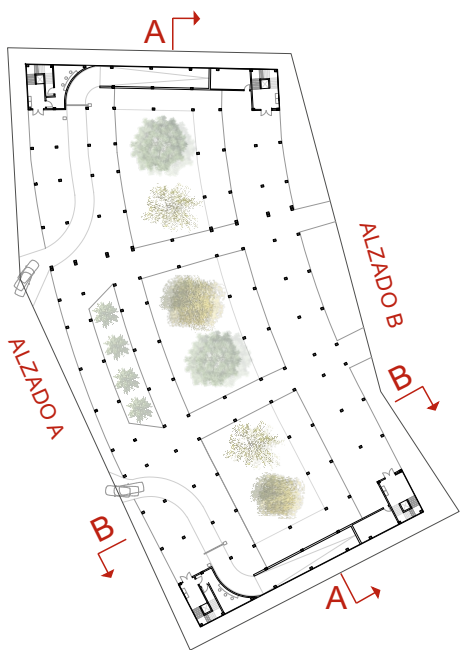
ALZADO B



SECCIÓN A



SECCIÓN B

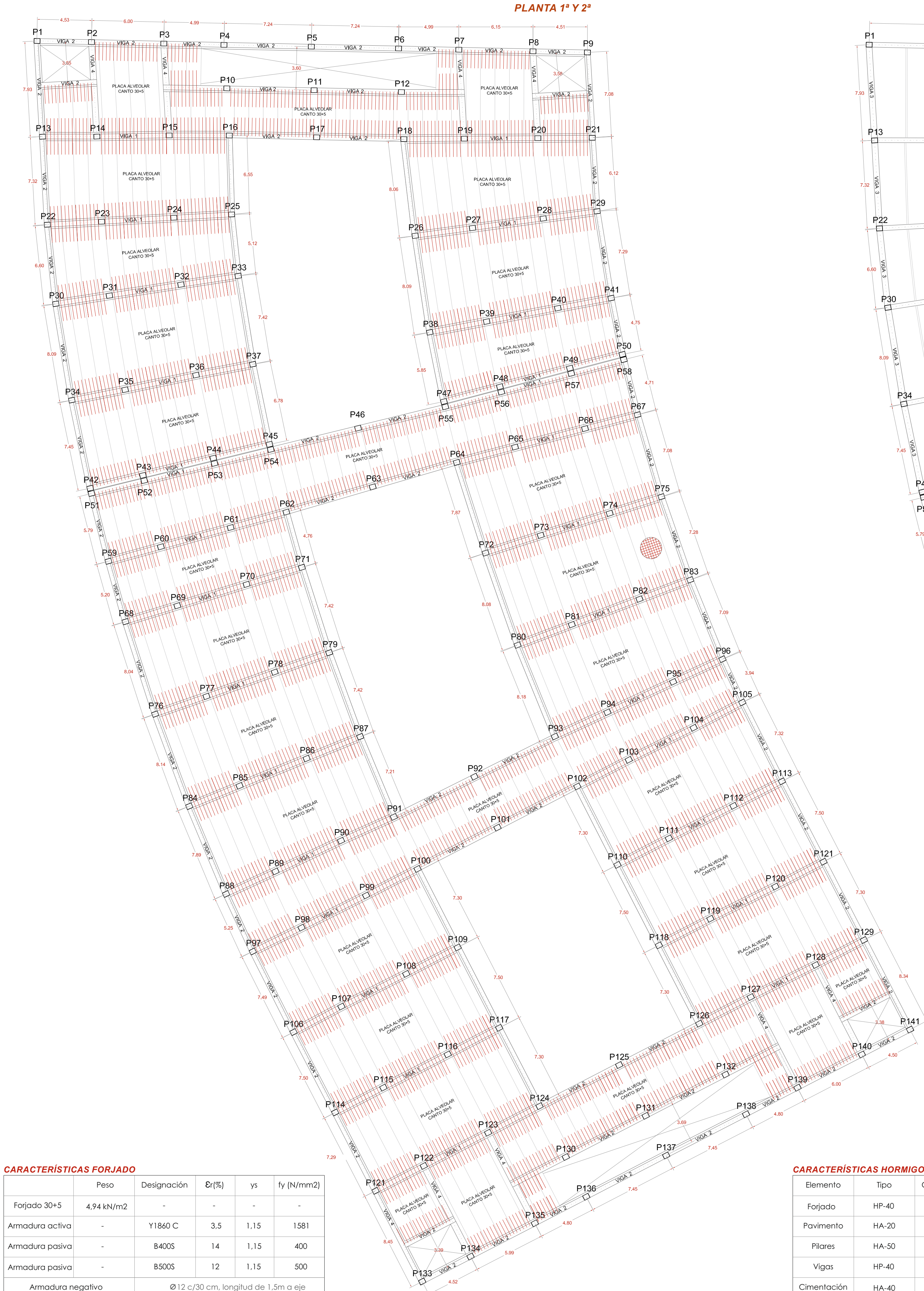


- |                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| 1. NÚCLEO DE ESCALERAS      | 8. SALIDA VEHÍCULOS |
| 2. HUECO INSTALACIONES      | 9. RAMPA DE BAJADA  |
| 3. GARITA                   | 10. ALMACÉN         |
| 4. EXPENDEDORA DE TICKETS   | 11. ASEOS           |
| 5. RAMPA DE SUBIDA          |                     |
| 6. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN |                     |
| 7. ACCESO VEHÍCULOS         |                     |

**Proyecto constructivo de edificio para uso principal  
aparcamiento con soluciones de estructuras prefabricadas**

Alumno:		Tutor:	
M. Victoria Platero Martínez		Jorge Roa Fernández	
Escala:	Nombre plano:		02
1:500	PLANTAS, ALZADOS Y SECCIONES		



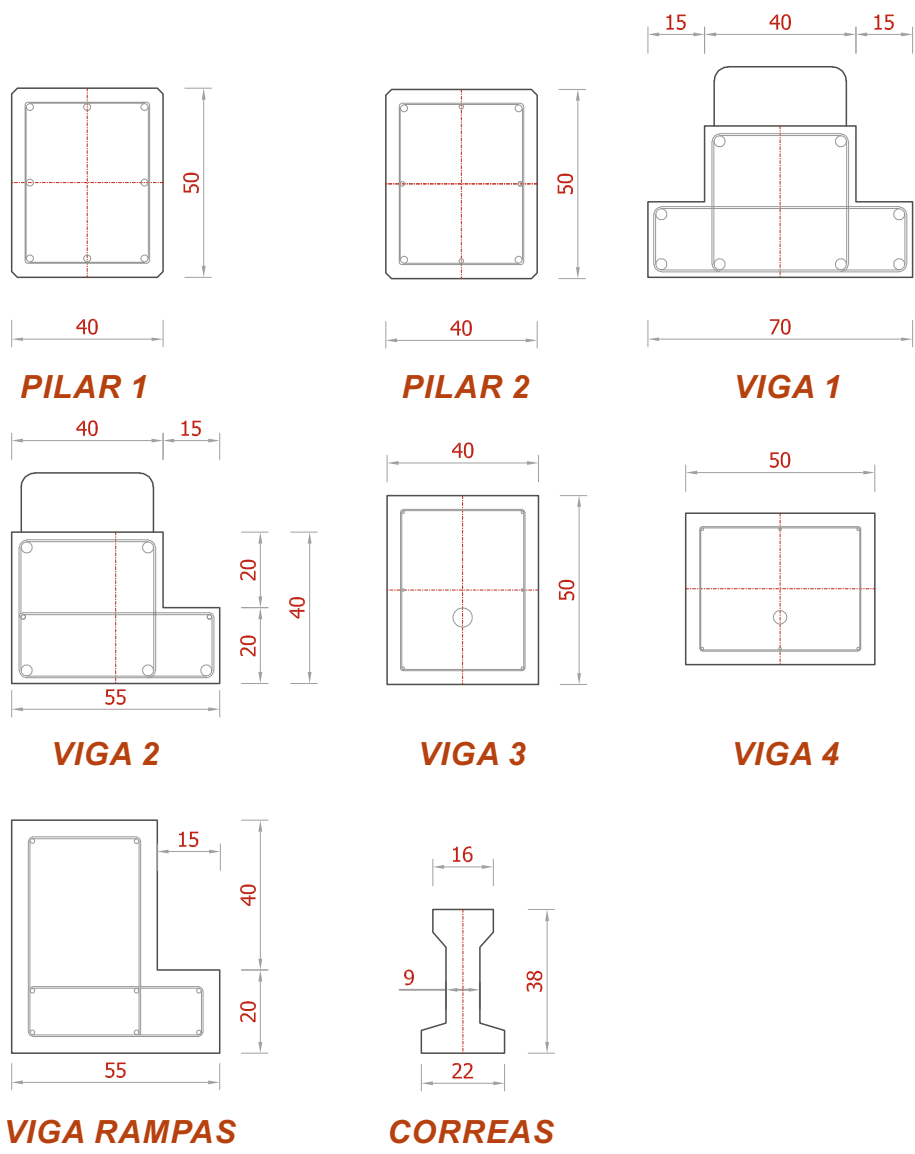


CARACTERÍSTICAS FORJADO

	Peso	Designación	Er(%)	ys	fy (N/mm2)
Forjado 30+5	4,94 kN/m2	-	-	-	-
Armadura activa	-	Y1860 C	3,5	1,15	1581
Armadura pasiva	-	B400S	14	1,15	400
Armadura pasiva	-	B500S	12	1,15	500
Armadura negativo	Ø 12 c/30 cm, longitud de 1,5m a eje				
Armadura reparto	Ø 5, malla 20x20				

CARACTERÍSTICAS HORMIGONES

Elemento	Tipo	Consistencia	Árido	yc	fcd (N/mm2)
Forjado	HP-40	B	20	1,5	26,66
Pavimento	HA-20	S	<10	1,5	13,33
Pilares	HA-50	B	20	1,5(1,3)	33,33(38,46)
Vigas	HP-40	B	20	1,5	26,66
Cimentación	HA-40	B	20	1,5	26,66
Forjado in situ	HA-30	B	20	1,5	20

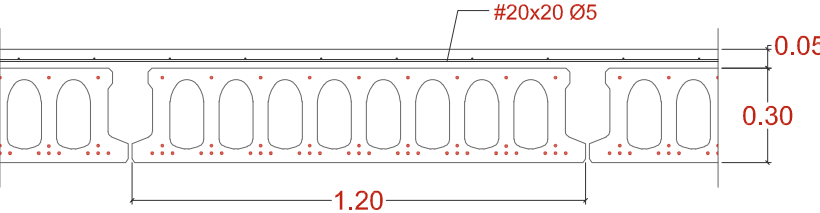


ARMADURA

	Armadura activa		Armadura pasiva	
	Longitudinal		Longitudinal	Transversal
PILARES 1	-		8Ø20	Ø8 c/17 cm
PILARES 2	-		4Ø20 y 4Ø16	Ø8 c/17 cm
VIGAS 1	Cordones Ø 15,2 mm		-	Ø10 c/30 cm
VIGAS 2	Cordones Ø 15,2 mm		-	Ø10 c/30 cm
VIGAS 3	Vaina 19 cordones Ø 15,2cm		8Ø10	Ø10 c/30 cm
VIGAS 4	Cordón Ø 1,5 cm		8Ø10	Ø10 c/30 cm

Los pilares TIPO 1 son los P1,P13,P32,P30,P34,P42,P51,P59,P68,P76,P84,P88,P97,P106,P114,P121,P133

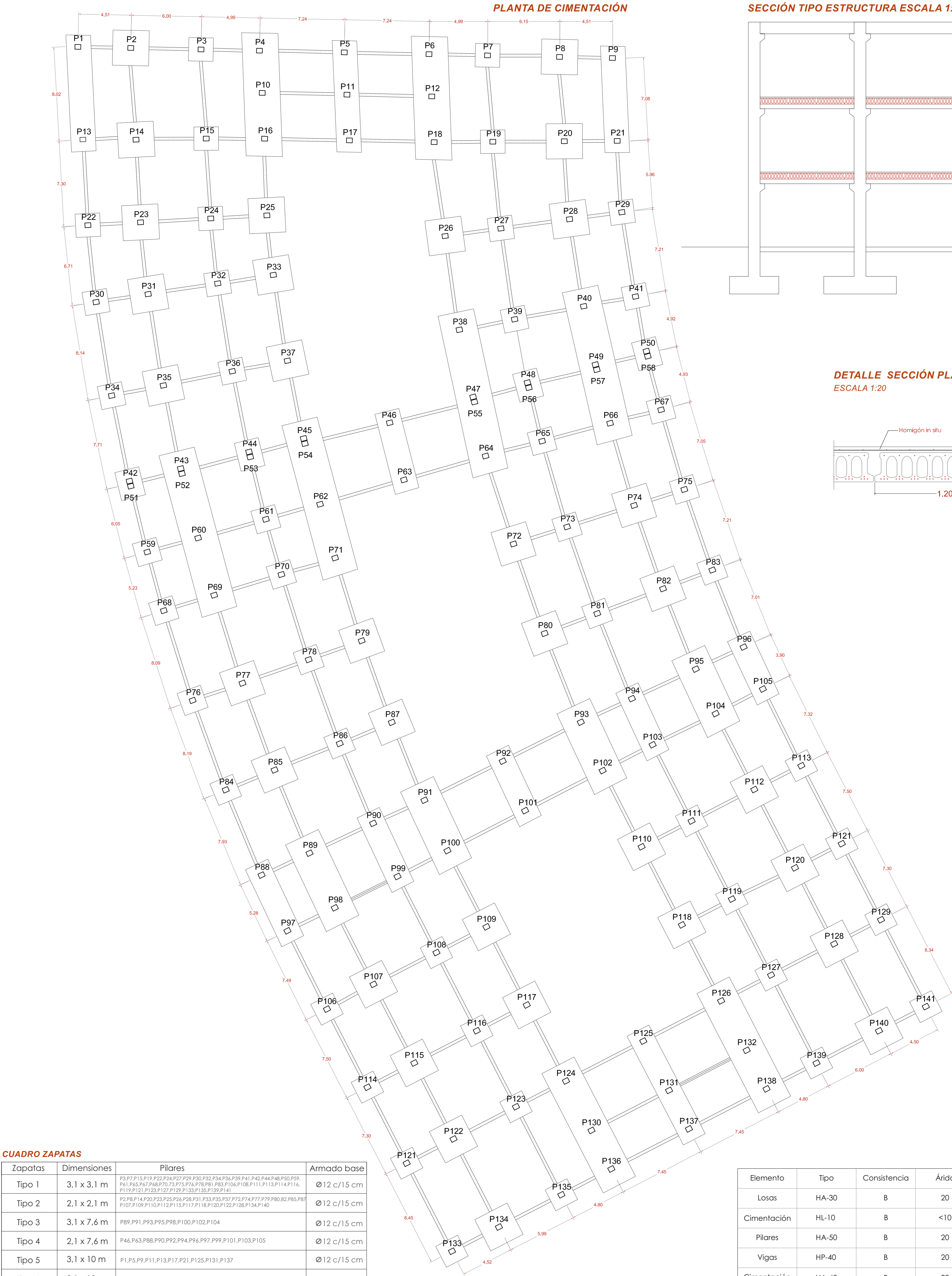
DETALLE SECCIÓN PLACA ALVEOLAR  
ESCALA 1:20



Proyecto constructivo de edificio para uso principal  
aparcamiento con soluciones de estructuras prefabricadas

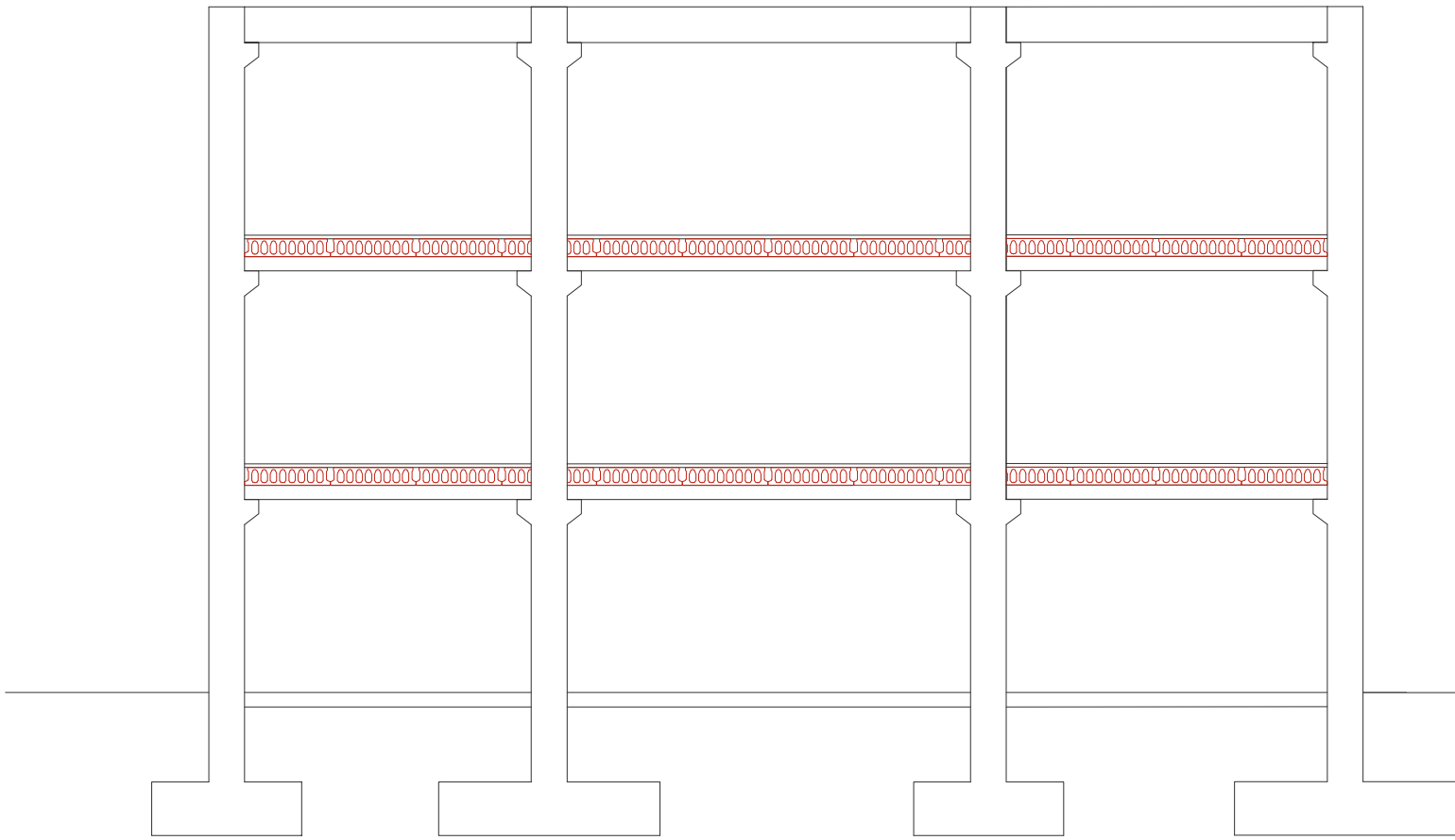
Alumno:	M. Victoria Platero Martínez	Tutor:	Jorge Roa Fernández
Escala:	1:200	Nombre plano:	ESTRUCTURAS



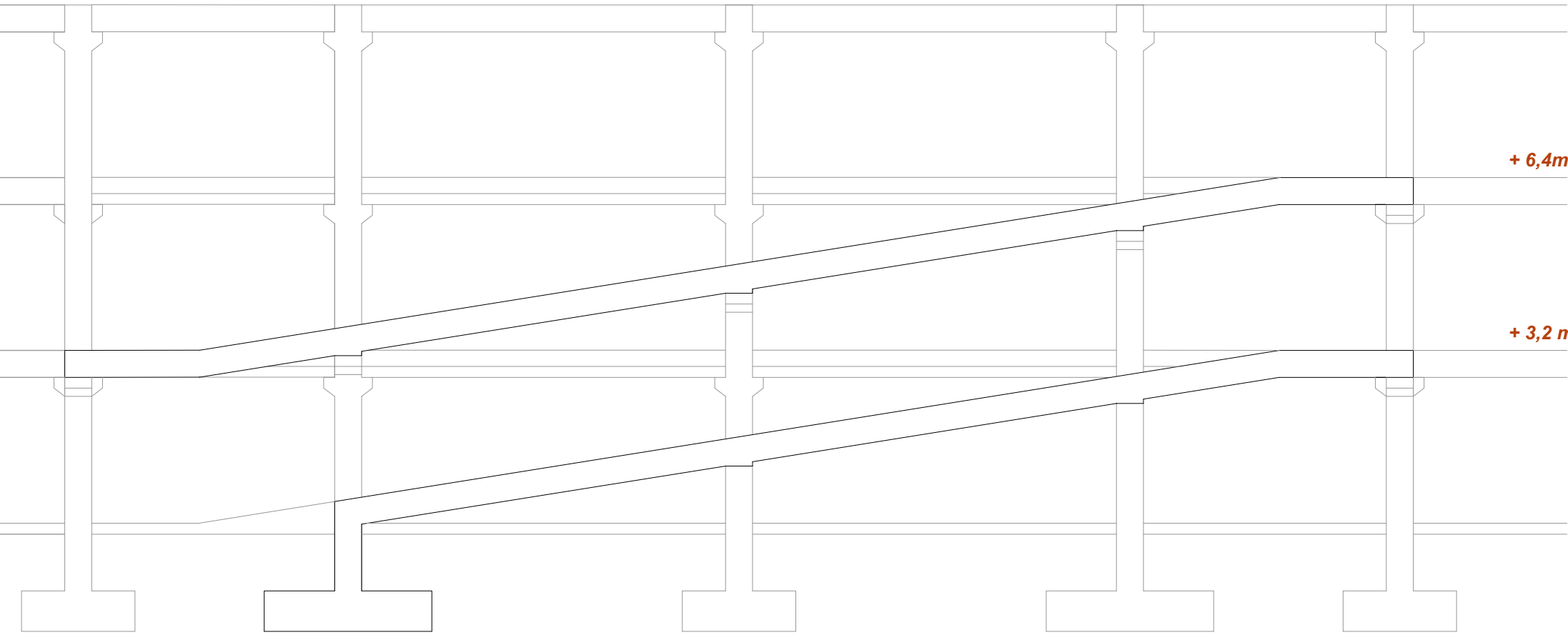


CUADRO ZAPATAS			
Zapatas	Dimensiones	Pilares	Armado base
Tipo 1	3,1 x 3,1 m	P3,P7,P15,P19,P22,P24,P27,P29,P30,P32,P34,P36,P39,P41,P42,P44,P48,P50,P59,P61,P62,P67,P68,P70,P73,P75,P76,P78,P81,P83,P106,P108,P111,P113,P114,P116,P119,P121,P123,P127,P129,P133,P135,P139,P141	Ø 12 c/15 cm
Tipo 2	2,1 x 2,1 m	P2,P6,P14,P20,P23,P25,P26,P28,P31,P33,P35,P37,P72,P74,P77,P79,P80,P82,P85,P87,P107,P109,P110,P112,P115,P117,P118,P120,P122,P126,P134,P140	Ø 12 c/15 cm
Tipo 3	3,1 x 7,6 m	P89,P91,P93,P95,P98,P100,P102,P104	Ø 12 c/15 cm
Tipo 4	2,1 x 7,6 m	P46,P63,P68,P90,P92,P94,P96,P97,P99,P101,P103,P105	Ø 12 c/15 cm
Tipo 5	3,1 x 10 m	P1,P5,P9,P11,P13,P17,P21,P25,P131,P137	Ø 12 c/15 cm
Tipo 6	2,1 x 10 m	P4,P6,P10,P12,P16,P18,P124,P126,P130,P132,P136,P138	Ø 12 c/15 cm
Tipo 7	3,1 x 13 m	P38,P40,P43,P45,P47,P49,P52,P54,P55,P57,P60,P2,P64,P66,P69,P71	Ø 12 c/15 cm

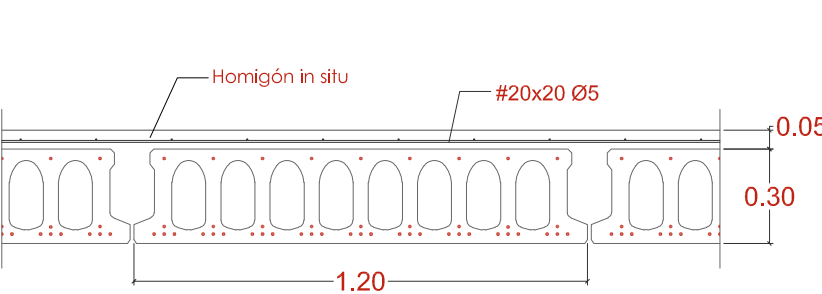
SECCIÓN TIPO ESTRUCTURA ESCALA 1:100



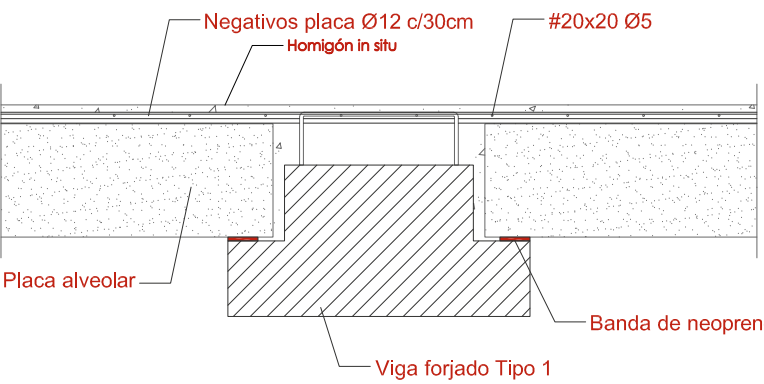
SECCIÓN VIGA DE RAMPA ESCALA 1:100



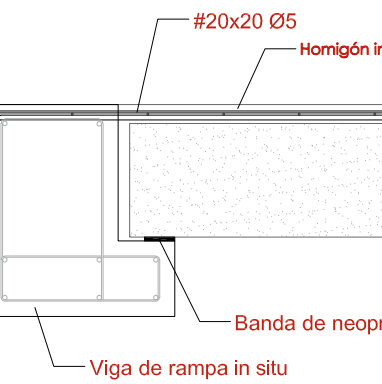
DETALLE SECCIÓN PLACA ALVEOLAR  
ESCALA 1:20



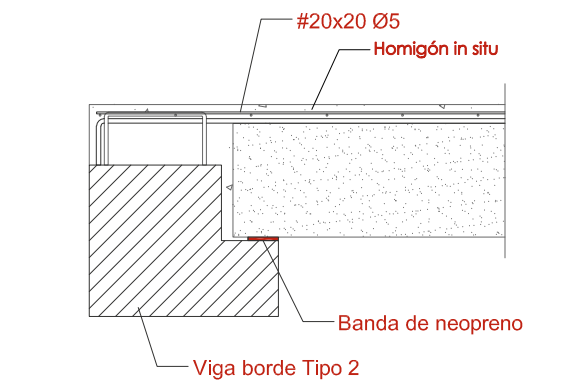
DETALLE ENCUESTRO VIGA TIPO 1-FORJADO  
ESCALA 1:20



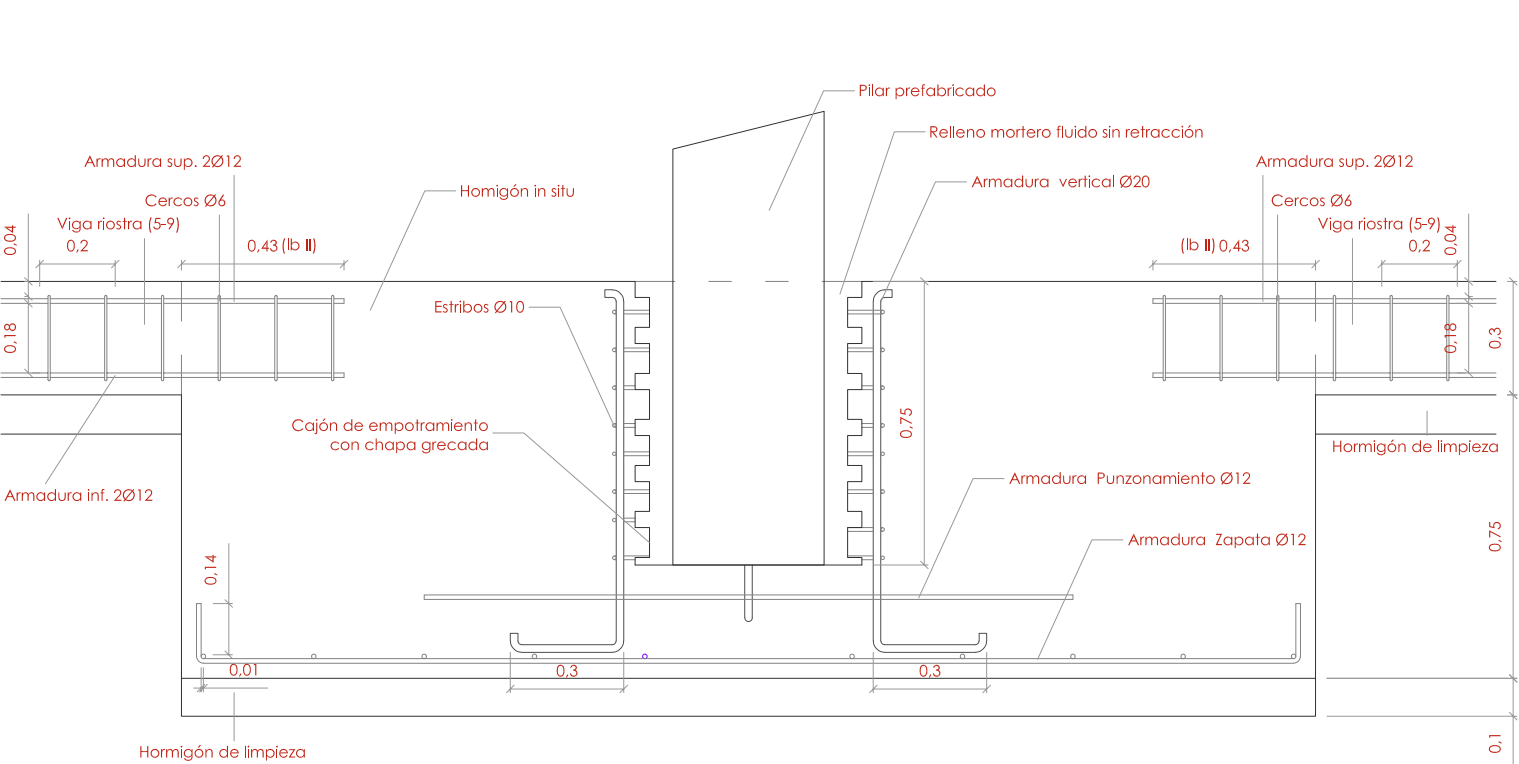
DETALLE VIGA RAMPA  
ESCALA 1:20



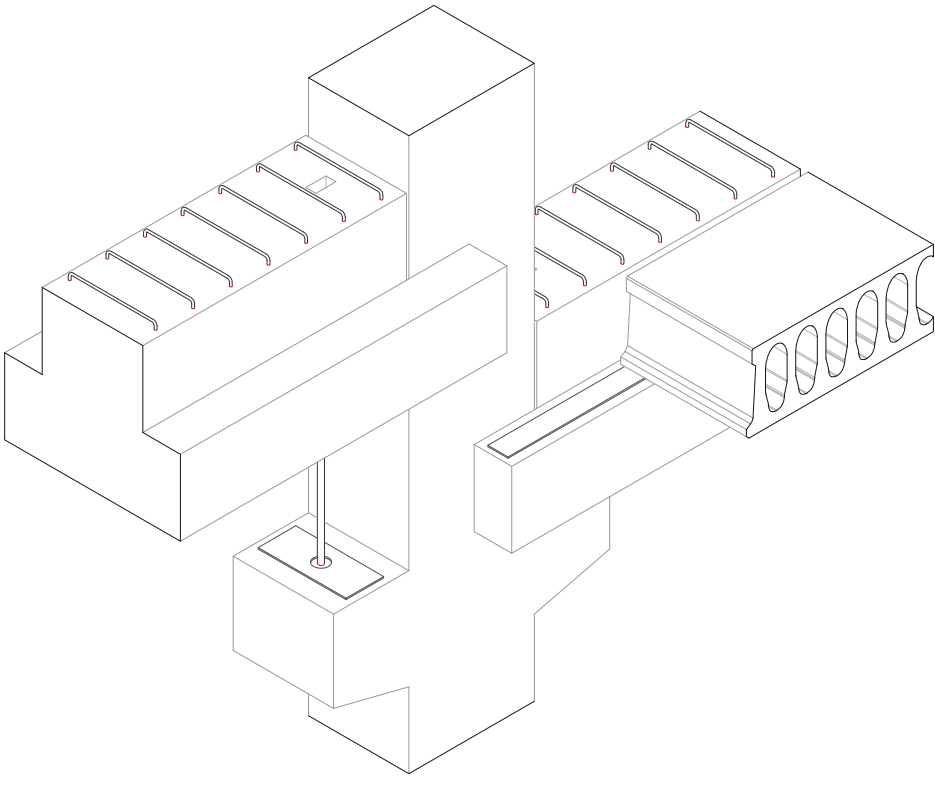
DETALLE VIGA BORDE-FORJADO  
ESCALA 1:20



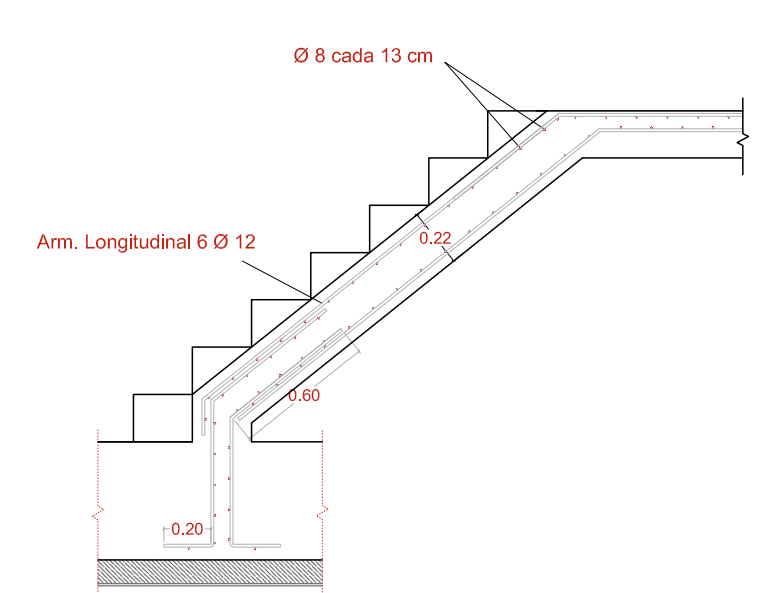
DETALLE SECCIÓN ZAPATA 3,1X3,1  
ESCALA 1:20



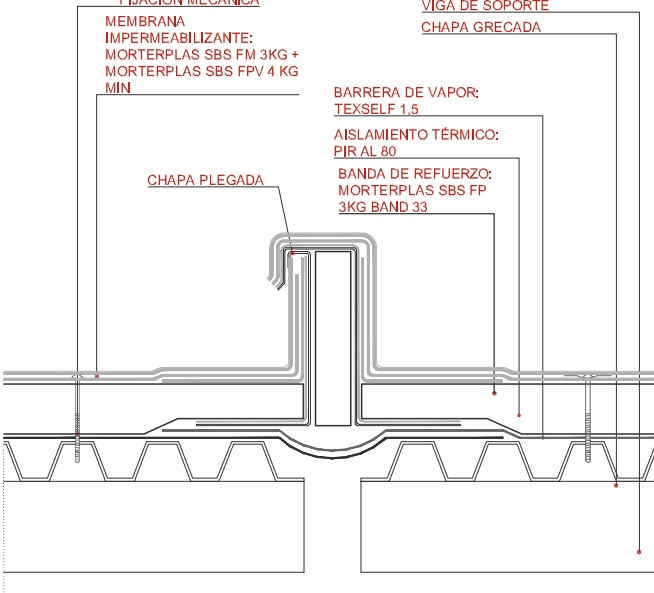
DETALLE SECCIÓN ZAPATA 3,1X3,1



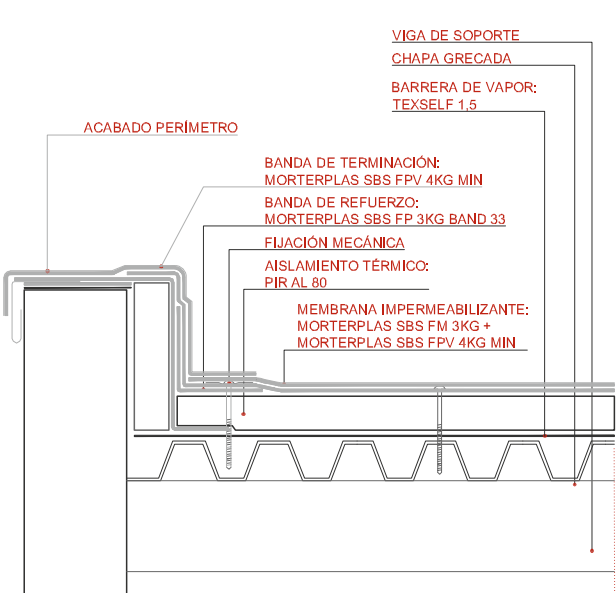
DETALLE SECCIÓN ESCALERA  
ESCALA 1:20



DETALLE JUNTA ESTRUCTURAL CUBIERTA  
ESCALA 1:10



DETALLE ENCUESTRO CUBIERTA  
ESCALA 1:10



CARACTERÍSTICAS HORMIGONES

Elemento	Tipo	Consistencia	Árido	yc	fcd (N/mm2)	Control	Ambiente	a/c	Cont. min	Recub. nom	Tipo cem.
Losas	HA-30	B	20	1,5	20	Intenso	IIa	0,60	300	30	CEM II A
Cimentación	HL-10	B	<10	1,0	6,66	Intenso	IIa	0,50	300	-	CEM IIA
Pilares	HA-50	B	20	1,5(1,3)	33,33(38,46)	Intenso	IIa	0,60	300	30	CEM IIA
Vigas	HP-40	B	20	1,5	26,66	Intenso	IIb	0,60	300	30	CEM IIA
Cimentación	HA-40	B	20	1,5	26,66	Intenso	IIb	0,60	300	30	CEM IIA
Vigas	HA-30	B	20	1,5	20	Intenso	IIa	0,60	300	30	CEM II A

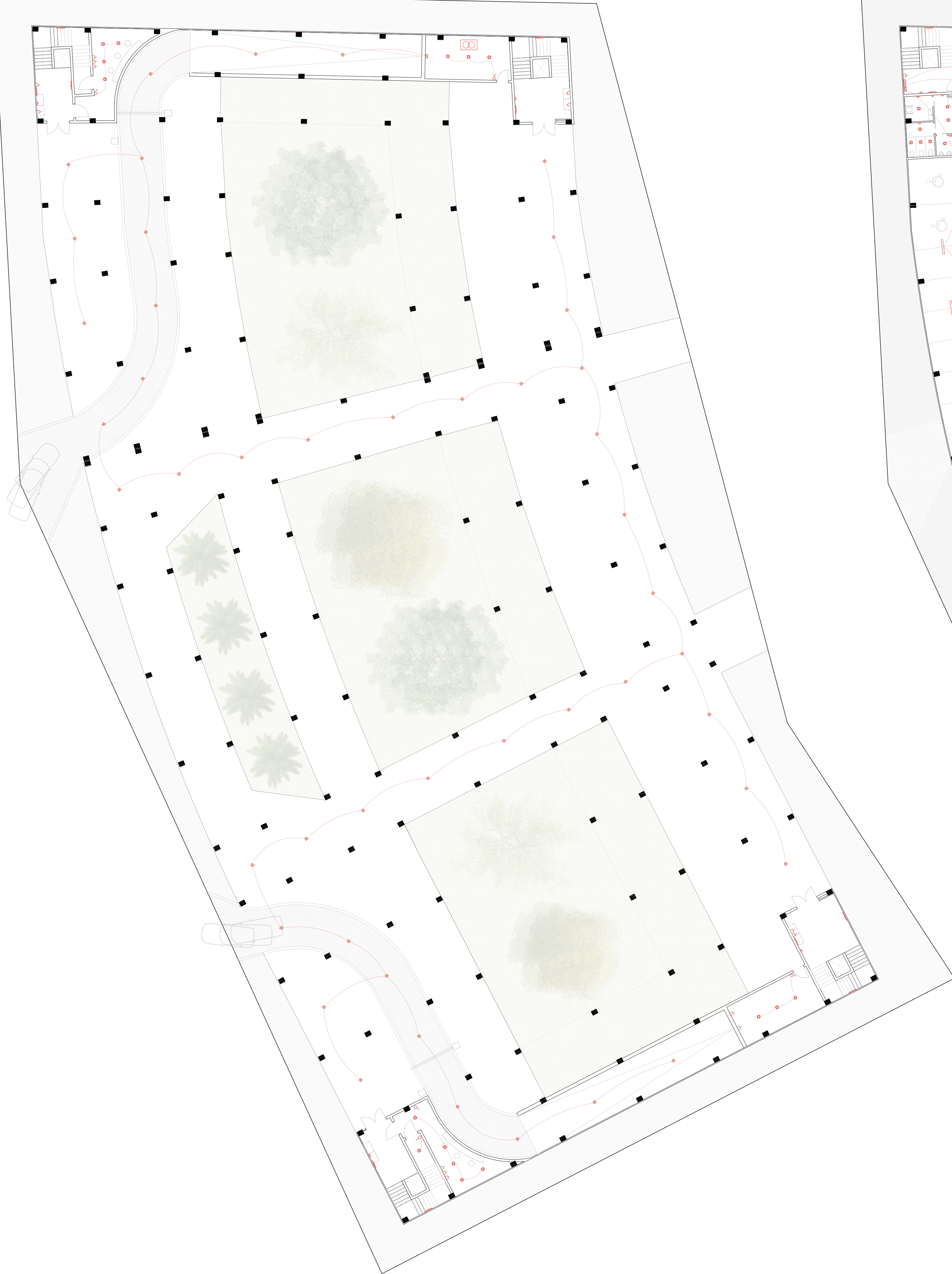
Proyecto constructivo de edificio para uso principal  
aparcamiento con soluciones de estructuras prefabricadas

Alumno: M. Victoria Platero Martínez  
Tutor: Jorge Roa Fernández

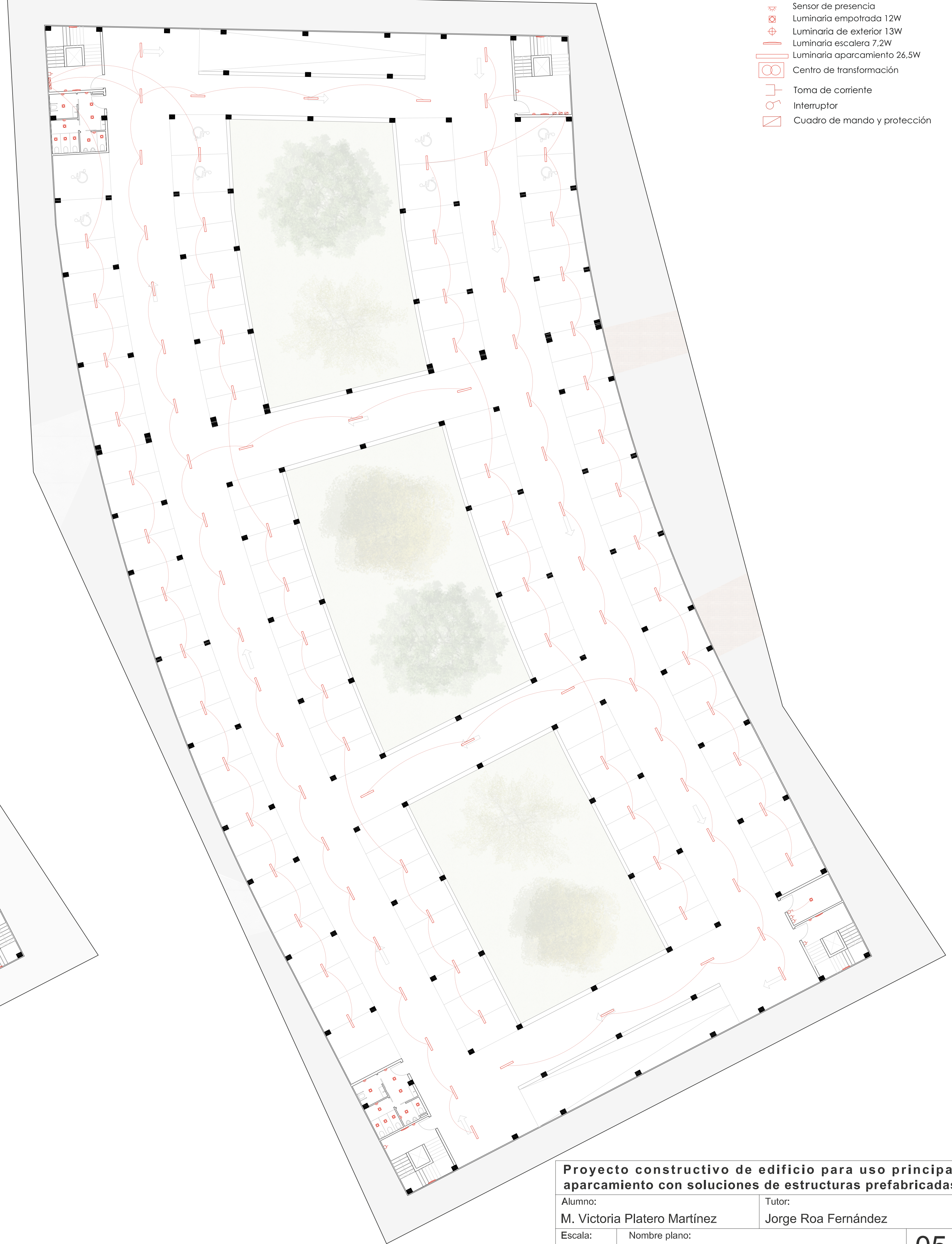
Escala: 1:200  
Nombre plano: CIMENTACIÓN Y DETALLES



PLANTA BAJA



PLANTA 1ª Y 2ª



- Sensor de presencia
- Luminaria empotrada 12W
- Luminaria de exterior 13W
- Luminaria escalera 7,2W
- Luminaria aparcamiento 26,5W
- Centro de transformación
- Toma de corriente
- Interruptor
- Cuadro de mando y protección

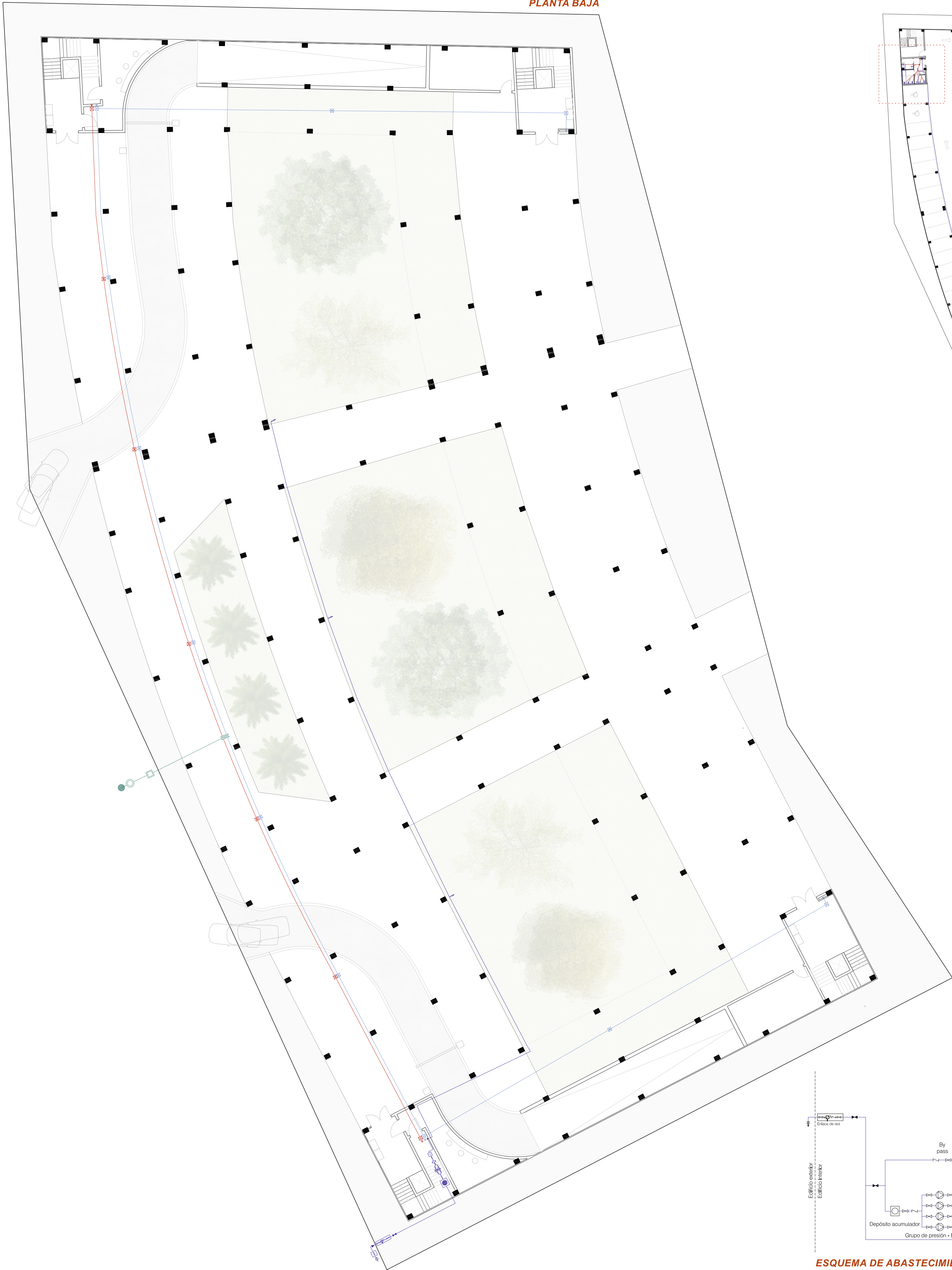
Proyecto constructivo de edificio para uso principal  
aparcamiento con soluciones de estructuras prefabricadas

Alumno: M. Victoria Platero Martínez Tutor: Jorge Roa Fernández

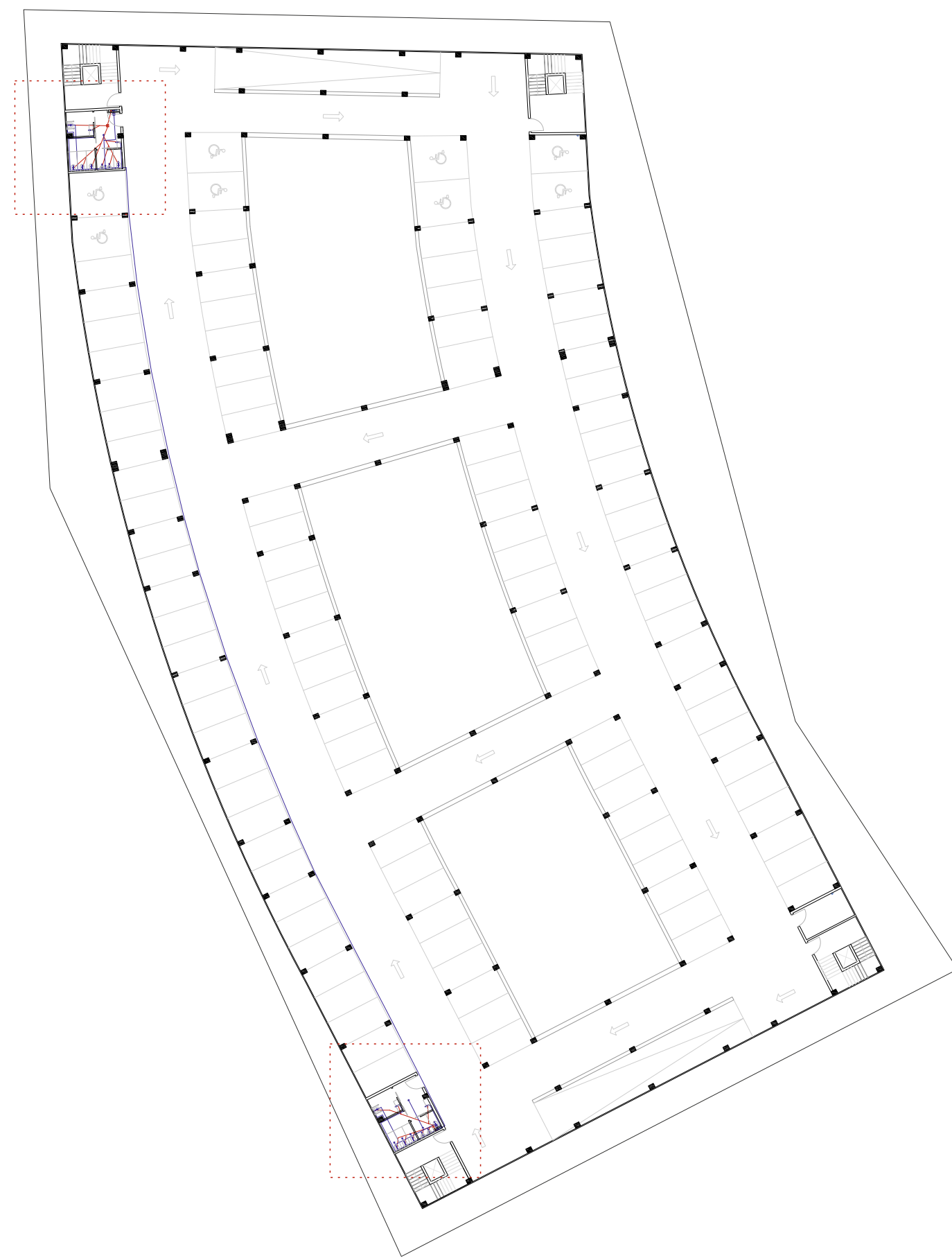
Escala: 1:200 Nombre plano: ELECTROTECNIA



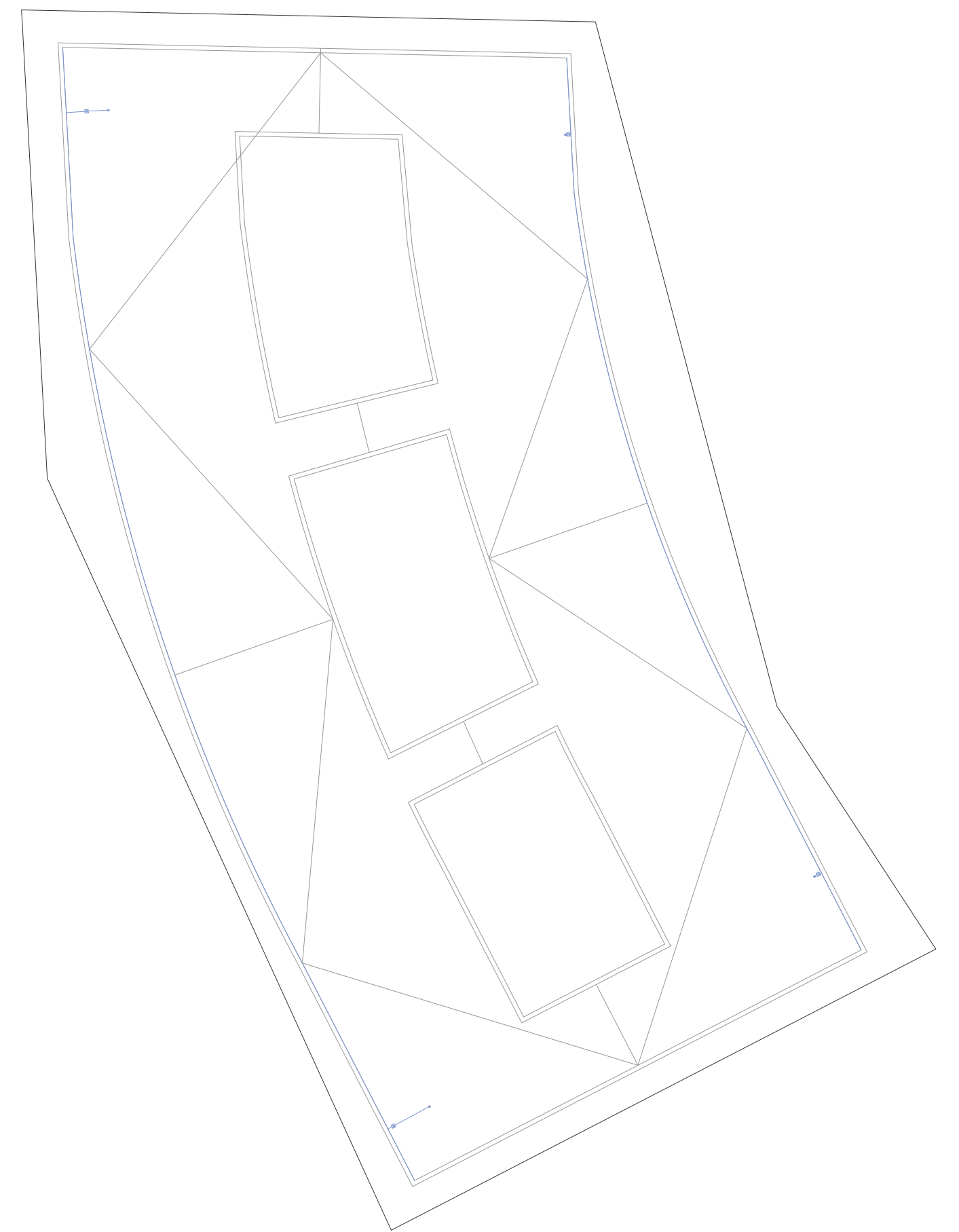
PLANTA BAJA



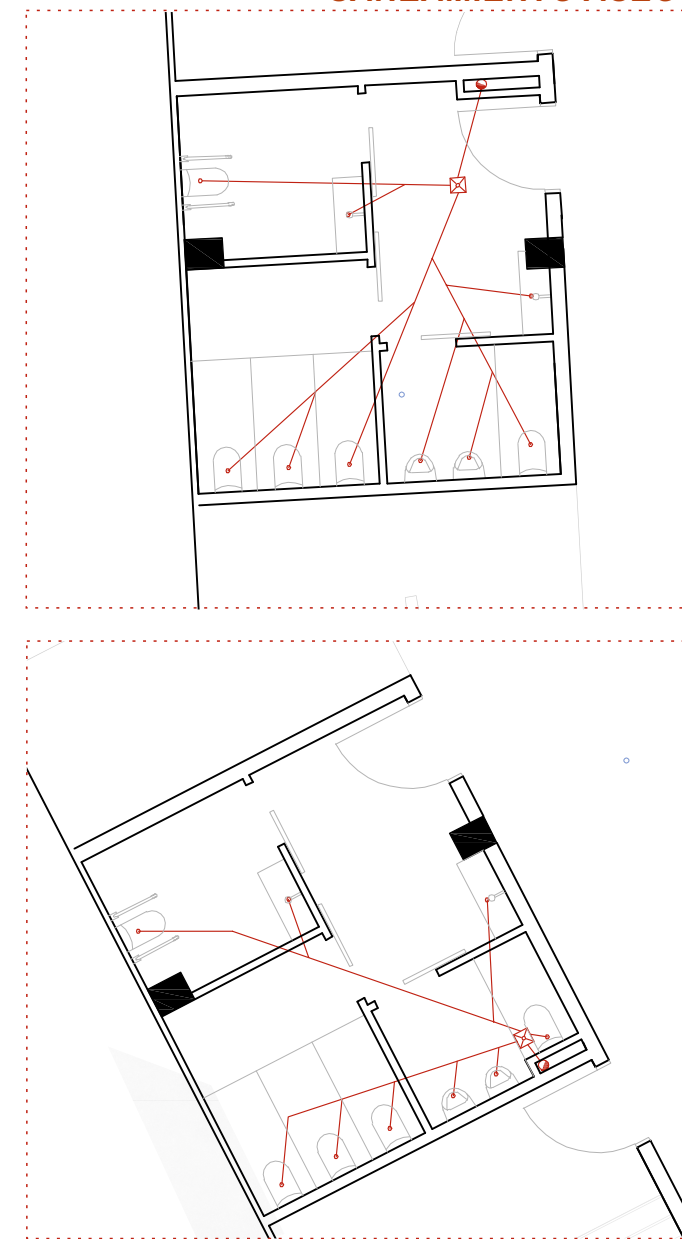
PLANTA 1ª Y 2ª



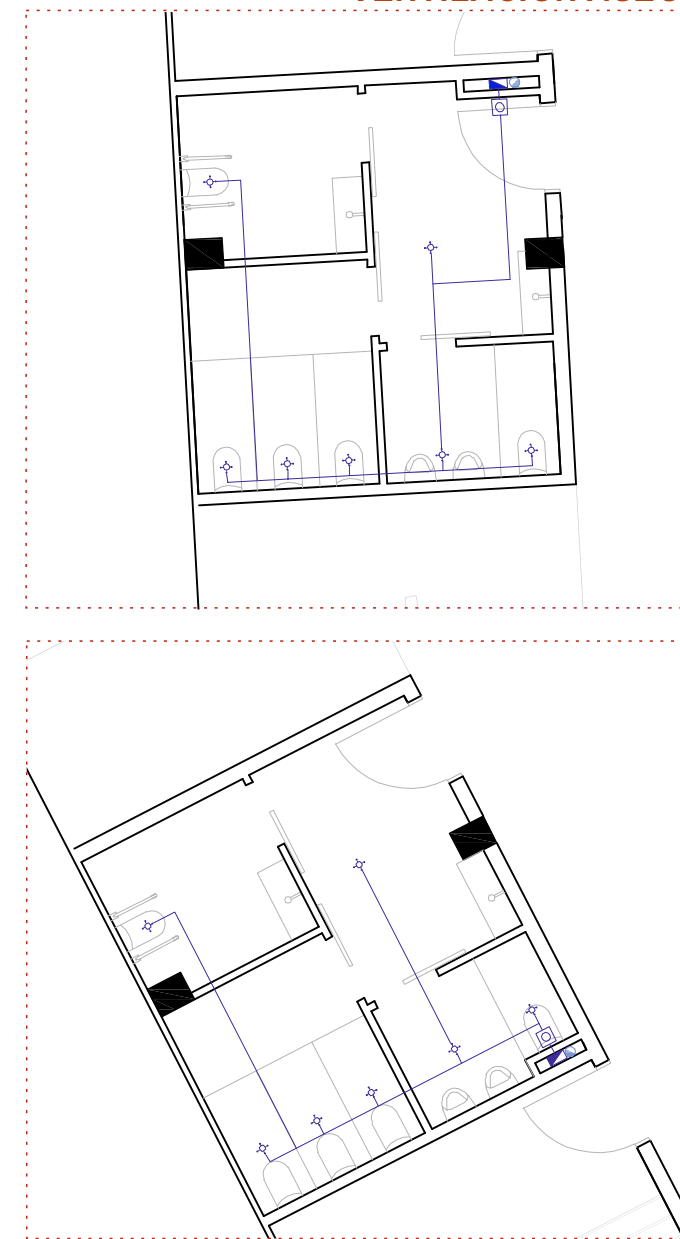
PLANTA CUBIERTA



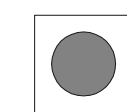
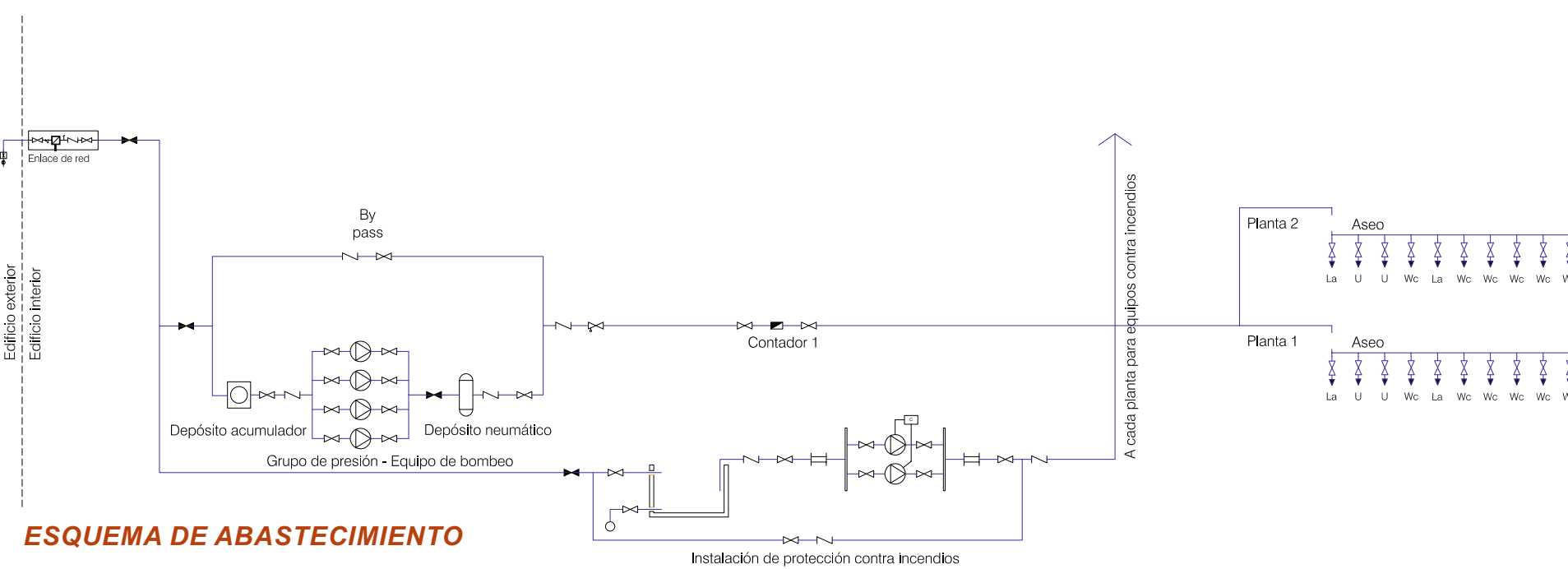
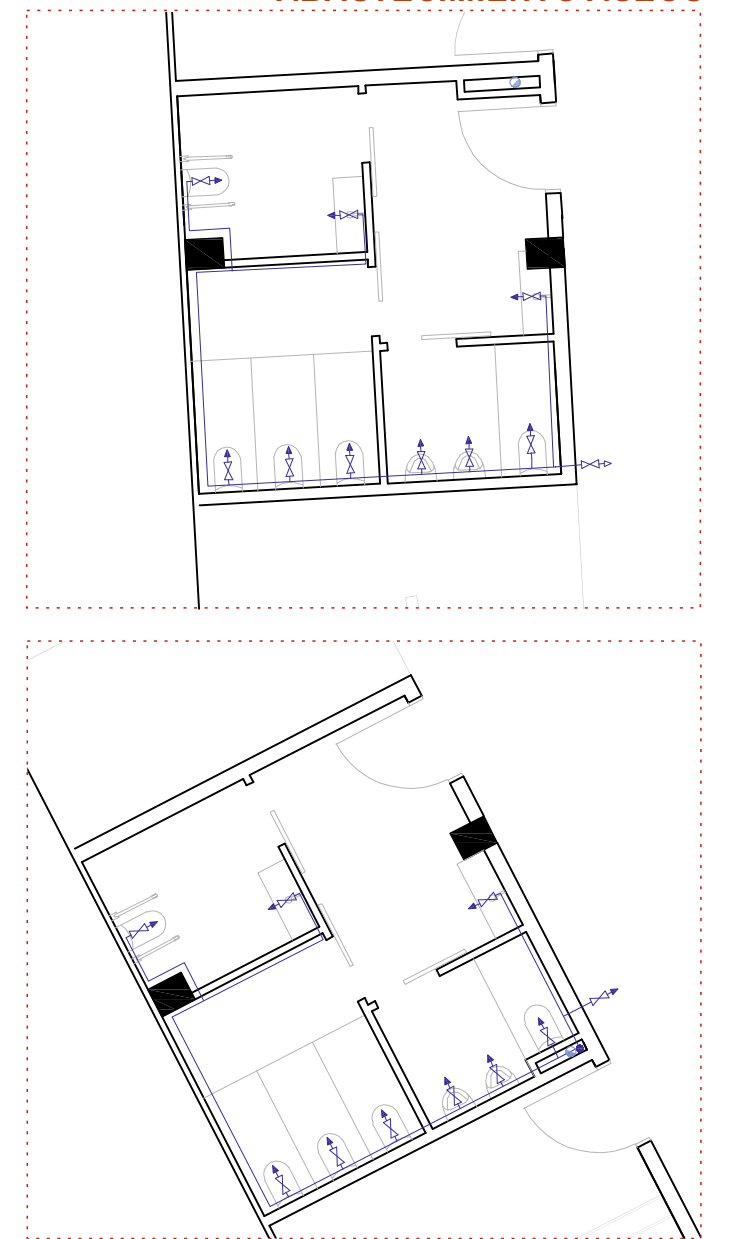
SANEAMIENTO ASEOS



VENTILACIÓN ASEOS



ABASTECIMIENTO ASEOS



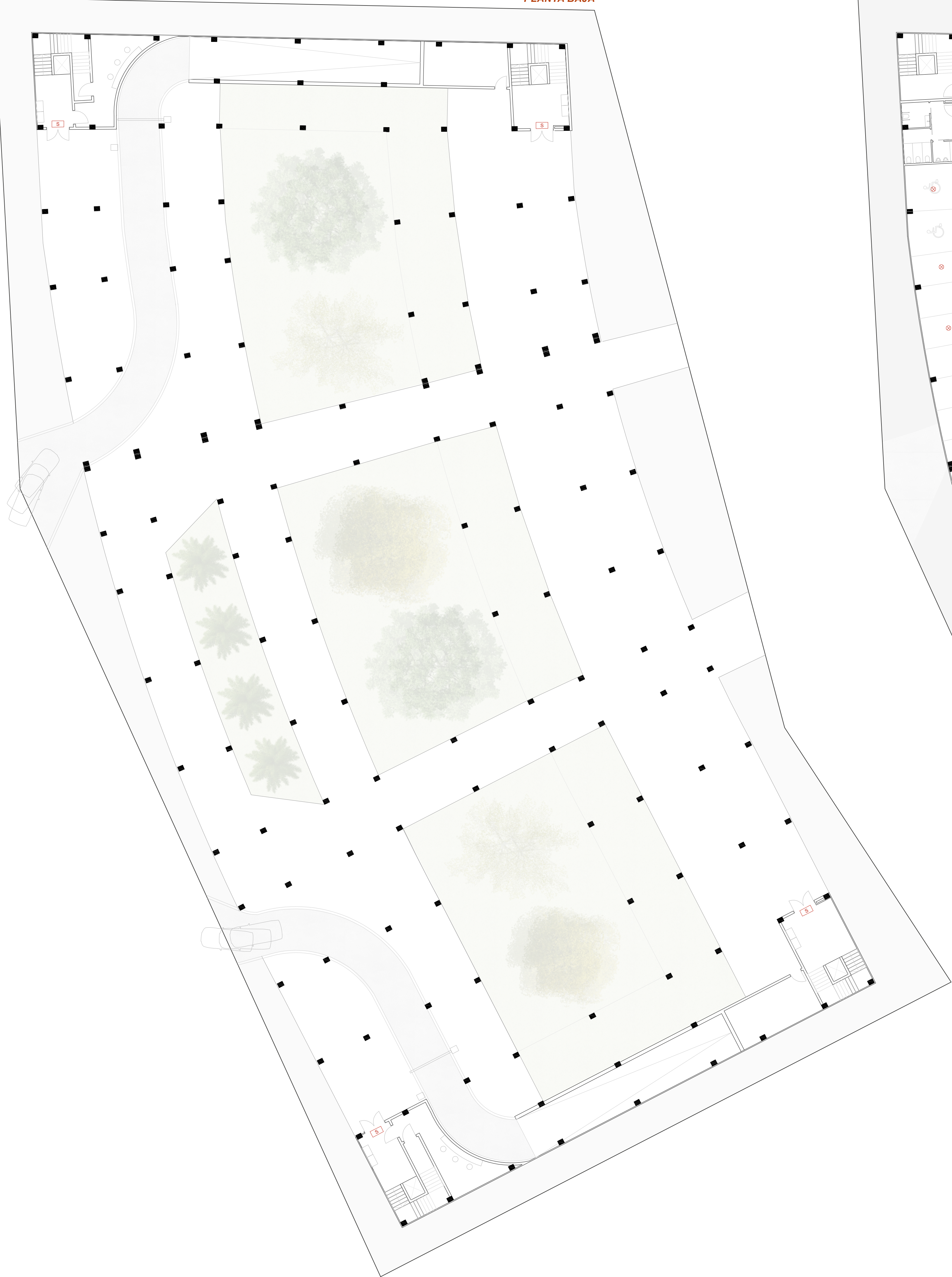
Proyecto constructivo de edificio para uso principal  
aparcamiento con soluciones de estructuras prefabricadas

Alumno: M. Victoria Platero Martínez  
Tutor: Jorge Roa Fernández

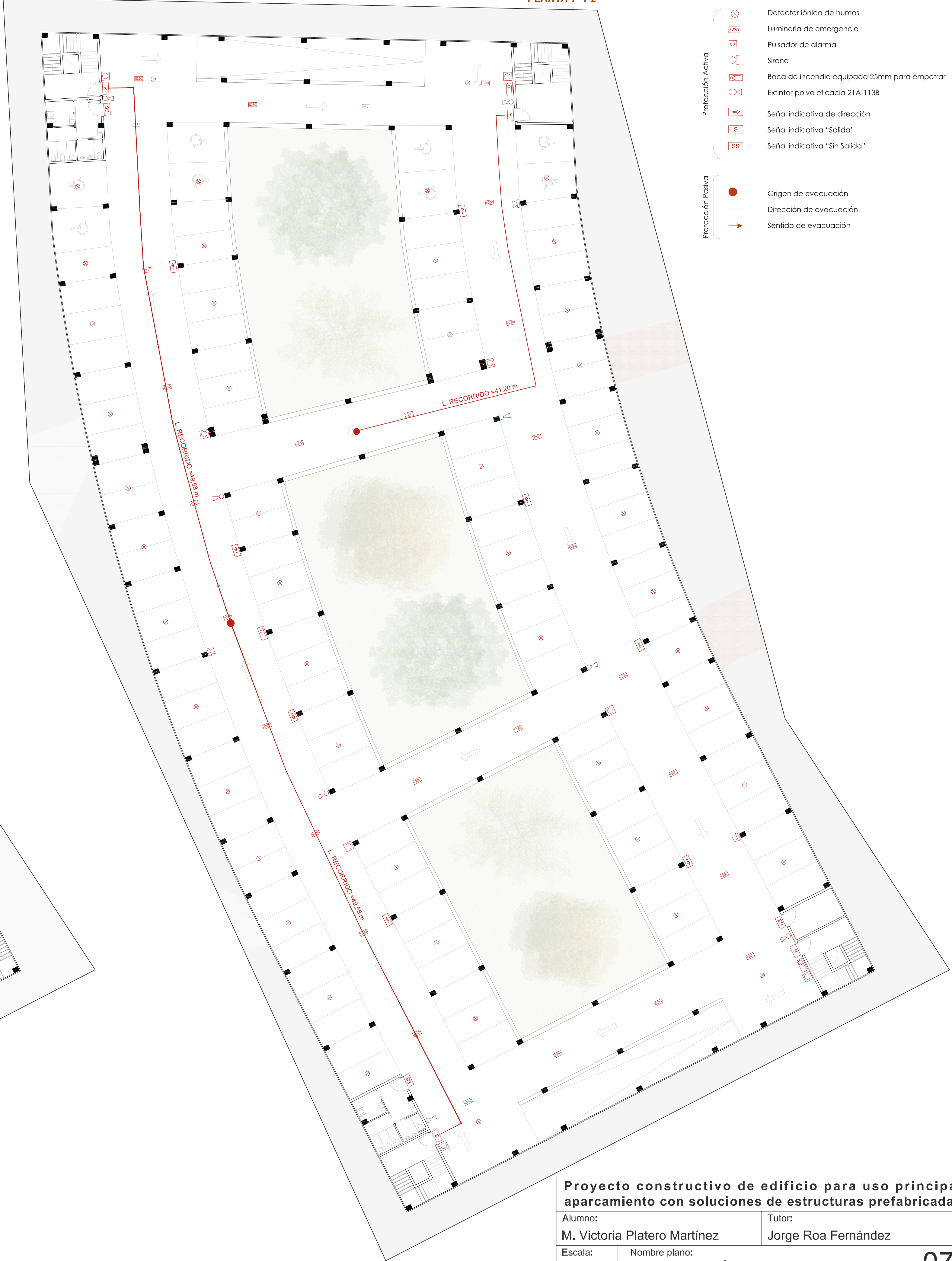
Escala: 1:200  
Nombre plano: ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO



PLANTA BAJA



PLANTA 1ª Y 2ª



- Protección Activa
- ⊗ Detector iónico de humos
  - ⊞ Luminaria de emergencia
  - ⊞ Pulsador de alarma
  - ⊞ Sirena
  - ⊞ Boca de incendio equipada 25mm para empotrar
  - ⊞ Extintor polvo eficacia 21A-113B
  - ➡ Señal indicativa de dirección
  - ⊞ S Señal indicativa "Salida"
  - ⊞ SS Señal indicativa "Sin Salida"
- Protección Pasiva
- Origen de evacuación
  - Dirección de evacuación
  - ➡ Sentido de evacuación

Proyecto constructivo de edificio para uso principal  
aparcamiento con soluciones de estructuras prefabricadas

Alumno:		Tutor:	
M. Victoria Platero Martínez		Jorge Roa Fernández	
Escala:	Nombre plano:		
1:200	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS		



# ANEJO 1. DATOS GEOTÉCNICOS

---

Para conocer detenidamente la capacidad del terreno en el que vamos a cimentar, es necesario saber qué tipo de terreno tenemos y ante todo sus cotas y el nivel freático. Aunque no tengamos contratados un estudio geotécnico de la parcela, es necesario conocer las condiciones, por lo que se recurre a un proyecto realizado para el Ayuntamiento de Mairena del Aljarafe, realizado en Junio de 2011.

Niveles geotécnicos diferenciados.

- **Nivel 1: RELLENO ANTRÓPICO. LIMO AMARILLENTO.**

Litológicamente se caracteriza por ser un relleno antrópico de naturaleza limosa de tonalidad amarillenta. Presenta restos cerámicos.

La unidad se localiza desde la superficie topográfica hasta una profundidad de base variable entre 1,00 / 1,40 m.

El nivel presenta una compacidad de suelta a media.

- **Nivel 2: LIMOS ARCILLOS Y ARENOS AMARILLENTO.**

Constituidos por limos arcilloso y arenoso amarillento con bastantes nódulos carbonatados. Presenta lentes arcillosas marrón amarillenta, así como vetas arcillosas de moderadas plasticidad.

Según los datos anteriores, se localiza bajo el nivel anterior hasta una profundidad de base mínima reconocida por métodos directos de 6,00 m en el sondeo. En los ensayos de penetración dinámica, se ha reconocido hasta una cota de 10,60 – 11,40 m.

En el nivel se puede distinguir un subnivel hasta 3,00 m aproximadamente de consistencia media, y otro hasta los 10,60 – 11,40 m de consistencia dura.

Para este estrato consideramos un peso específico de 19,80 kN/m<sup>3</sup>.

- **Nivel 3: MARGAS AZULES.**

Se trata de arcillas carbonatadas ligeramente limosas de coloración gris verdosa o verde-azulada en corte fresco, con indicios de yeso y óxidos de Fe y Mn.

Estructura masiva, con estratificación mal definida y cuyo espesor puede superar ampliamente los 200.

Contenido en arena muy bajo, normalmente correspondiente a lentes arenosas milimétricas o centimétricas de continuidad lateral muy reducida.

- **Nivel 4: LIMOS Y MARGAS.**

Alternancias de limos y margas con intercalaciones de arenas y areniscas (también calcarenitas).

Entre cada tramo arcilloso y limo arenoso hay una interrupción sedimentaria, marcada por bioturbaciones, que queda colapsada por el paquete arenoso.

Para el conjunto total del material de esta sería el porcentaje de arenas oscuras entre un 10 y 30%.

Su espesor se acerca a los 40 m.

Además de los estratos del terreno se aporta información referente a:

- Medida del nivel freático.

En los ensayos realizados, no se ha detectado lámina freática a las profundidades prospectadas en los ensayos realizados.

El nivel freático se encuentra sometido a fluctuaciones condicionadas por el régimen hidrológico, aportes o extracciones artificiales, etc.

- Agresividad.

Las determinaciones realizadas indican que el terreno es No Agresivo, definiendo un ambiente de exposición IIa, recomendándose un cemento de tipo ordinario.

- Propuesta.

Se recomienda proyectar en la unidad de limo arcilloso y arenoso amarillento, empleando un valor de carga admisible  $\sigma_{adm} = 180 \text{ kPa}$ .

# ANEJO 2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE CÁLCULO

---

El modelo informático se va a realizar en el programa Sap2000, donde vamos a introducir todos los parámetros de la estructura y, mediante un modelo geométrico, calculamos para obtener el comportamiento frente a las solicitaciones.

## 1. Materiales

Se van a introducir los siguientes materiales con sus correspondientes características en el modelo informático:

### HORMIGÓN HA-40

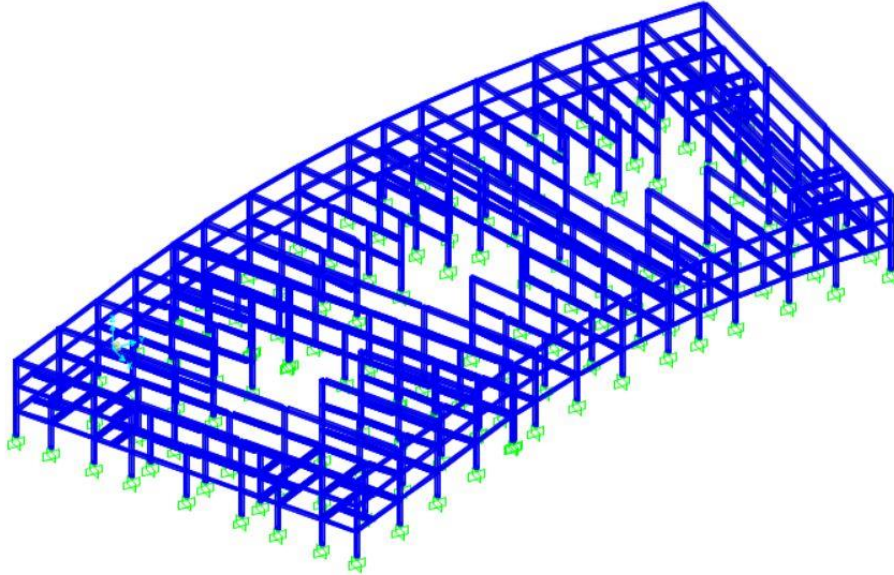
- módulo de elasticidad  $E_c = 30891 \text{ MPa}$
- módulo de Poisson  $\nu = 0.2$
- peso específico  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
- tipo de cemento normal o de endurecimiento rápido
- HR = 70%

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a material named 'HA-40'. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Material Name and Display Color (HA-40), Material Type (Concrete), Material Grade (HA-40), and Material Notes (Modify/Show Notes...).
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume (24.9926), Mass per Unit Volume (2.5485), and Units (KN, m, C).
- Isotropic Property Data:** Modulus Of Elasticity, E (36296984), Poisson, U (0.2), Coefficient Of Thermal Expansion, A (5.500E-06), and Shear Modulus, G (15123743).
- Other Properties For Concrete Materials:** Specified Concrete Compressive Strength,  $f_c$  (40000), Expected Concrete Compressive Strength (40000), and a checkbox for Lightweight Concrete (unchecked). The Shear Strength Reduction Factor field is empty.

## 2. Modelo geométrico

En primer lugar, vamos a exportar los elementos de un archivo en formato Cad. Dispondremos de elementos tipo “frame” que modelizan las vigas y los pilares.



Creamos 4 tipos de secciones:

- Sección de viga de forjado.

Precast Concrete I / Bulb Tee Girder

Section Name:  Display Color: ☐

Section Notes:

Source: User Defined

Section Dimensions

B1:  B2:  B3:  B4:  D1:  D2:  D3:  D4:  D5:  D6:  D7:  T1:  T2:  C1:

Section

Properties

HA-40

- Sección de viga de borde.

- Sección de viga de cubierta.

The screenshot shows the 'Rectangular Section' dialog box. The 'Section Name' field contains 'VIGAS CUBIERTA'. The 'Display Color' is set to a dark gray. The 'Section Notes' field is empty, and the 'Modify/Show Notes...' button is visible. The 'Dimensions' section shows 'Depth (t3)' as 0.5 and 'Width (t2)' as 0.4. The 'Material' dropdown is set to 'HA-40'. The 'Property Modifiers' section has a 'Set Modifiers...' button. The 'Section' preview shows a rectangular cross-section with reinforcement bars. The 'Properties' section has 'Section Properties...' and 'Time Dependent Properties...' buttons. At the bottom, there is a 'Concrete Reinforcement...' button and 'OK' and 'Cancel' buttons.

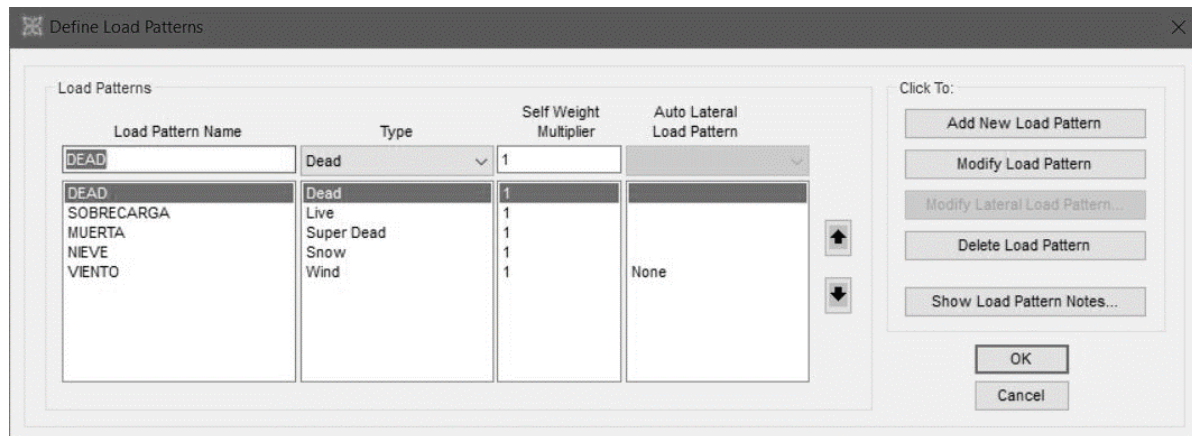
- Sección de pilares.

The screenshot shows the 'Rectangular Section' dialog box. The 'Section Name' field contains 'PILARES'. The 'Display Color' is set to a dark gray. The 'Section Notes' field is empty, and the 'Modify/Show Notes...' button is visible. The 'Dimensions' section shows 'Depth (t3)' as 0.5 and 'Width (t2)' as 0.4. The 'Material' dropdown is set to 'HA-40'. The 'Property Modifiers' section has a 'Set Modifiers...' button. The 'Section' preview shows a rectangular cross-section with reinforcement bars. The 'Properties' section has 'Section Properties...' and 'Time Dependent Properties...' buttons. At the bottom, there is a 'Concrete Reinforcement...' button and 'OK' and 'Cancel' buttons.

Una vez modelizada la geometría, podemos introducir las cargas y condiciones de contorno.



### 3. Introducción de cargas



Vamos a introducir las siguientes cargas:

**-PESO PROPIO:** Se introduce como “DEAD” y este lo calcula en base a su geometría definida y el peso específico del material definido anteriormente.

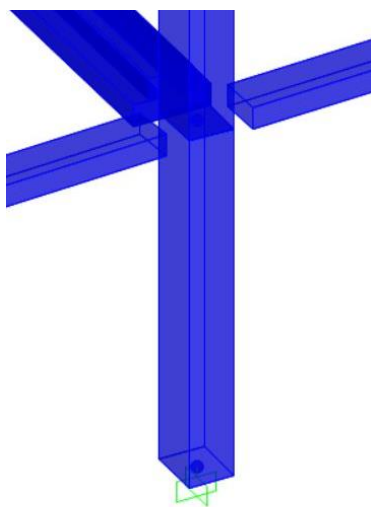
**-CARGAS MUERTAS:** Son las debidas a la capa de rodadura, el peso de la fachada y al peso de la cubierta.

**-SOBRECARGA DE USO:** Se introduce como una carga repartida lineal en las vigas de forjado.

**-SOBRECARGA DE VIENTO:** Se materializa como una carga repartida en las vigas de borde.

**-SOBRECARGA DE NIEVE:** Se introduce como una carga repartida en las vigas de cubierta.

### 4. Condiciones de contorno



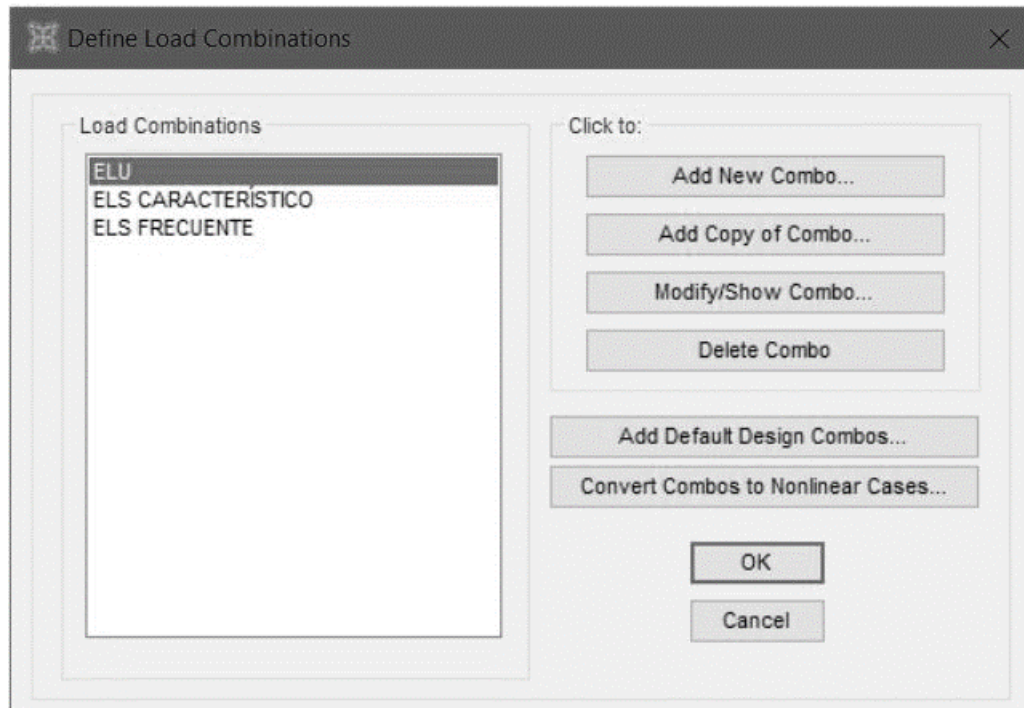
Vamos a considerar empotramiento en los pilares, para simular la cimentación.

Las vigas estarán apoyadas en las ménsulas. Para simularlas en el modelo informático, vamos a introducir rótulas en los extremos de las vigas y modificar las excentricidades.

Las rótulas y las excentricidades en los apoyos se introducen desde el menú “Assign->Frame-> (Releases ... o End (length) Offsets...). En la rótula, es importante que, en uno de los extremos, la “torsión” (T) quede bloqueada, para evitar que sea un mecanismo. En el Offset, hay que añadir el “Rigid Zone Factor” = 1.

## 5. Combinación de acciones

Vamos a determinar combinaciones de acciones para ELU y ELS, descritas en la memoria de estructuras.



Una vez introducidos estos parámetros, podemos calcular la estructura y analizar los resultados.

# ANEJO 3. CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN

## 1. Elección del firme

Al ser una cimentación superficial, el firme estará comprendido entre 0 y 3,00 m (siempre por encima del nivel freático).

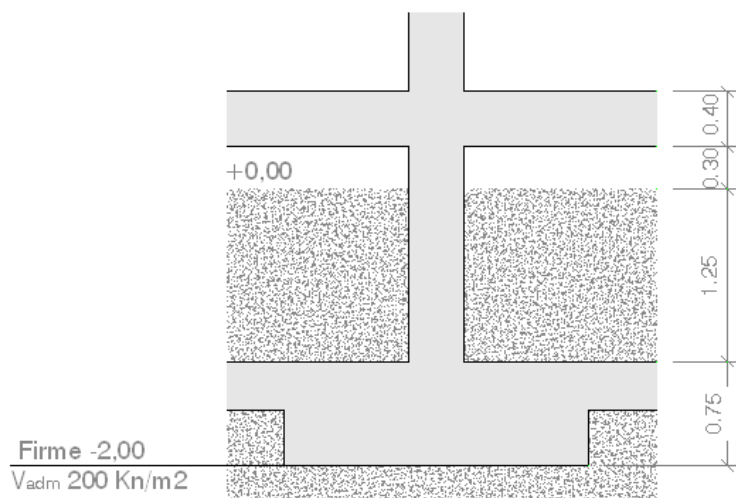
El terreno deberá ser homogéneo, para que no se produzcan asientos diferenciales.

Por esto, el estrato que mejores características presenta para la elección del firme es el de limos arcillosos y arenos amarillentos.

Decidimos pues elaborar la cimentación al menos a una cota igual a -1,80 m. Siendo conscientes de las irregularidades que pueda presentar el terreno, nos introduciremos un poco más y lo colocaremos a -2,00 m, asegurando así las características buscadas para el terreno sobre el que nos apoyaremos.

Tenemos que conocer la tensión de cálculo que utilizaremos para el dimensionado de la cimentación:

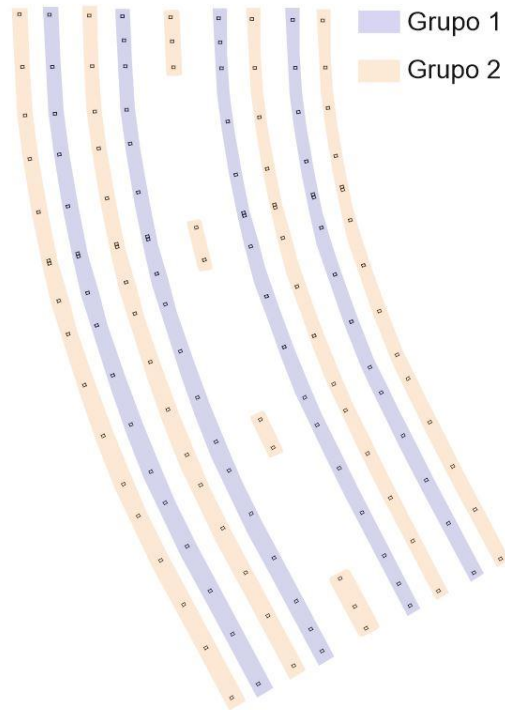
- Capa con  $T_{adm} = 180 \text{ KPa}$  (Arena medianamente densa)



## 2. Zapatas centrales

Realizaremos el cálculo de un ejemplo de cada tipo de zapata.

Tras analizar los resultados obtenidos con el programa informático SAP2000, observamos que, al tener una estructura con luces y cargas muy similares en toda la superficie, las reacciones en los empotramientos de los pilares son muy similares en cada uno de ellos, pudiéndose dividir únicamente en dos grupos con valores en el mismo rango.



## 2.1 Dimensionado en planta

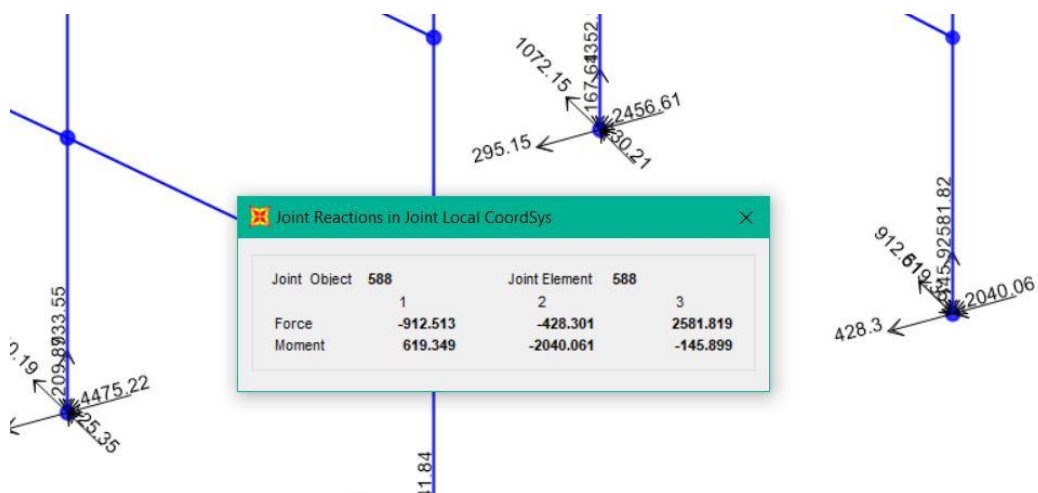
La zapata centrada funciona como “elemento autónomo”.

La fuerza que ejerce sobre el terreno debe ser igual o inferior a la que puede aguantar el terreno:

$$N \leq q_{cal} \cdot a^2$$

A mayor valor de N, mayor será la dimensión de la zapata.

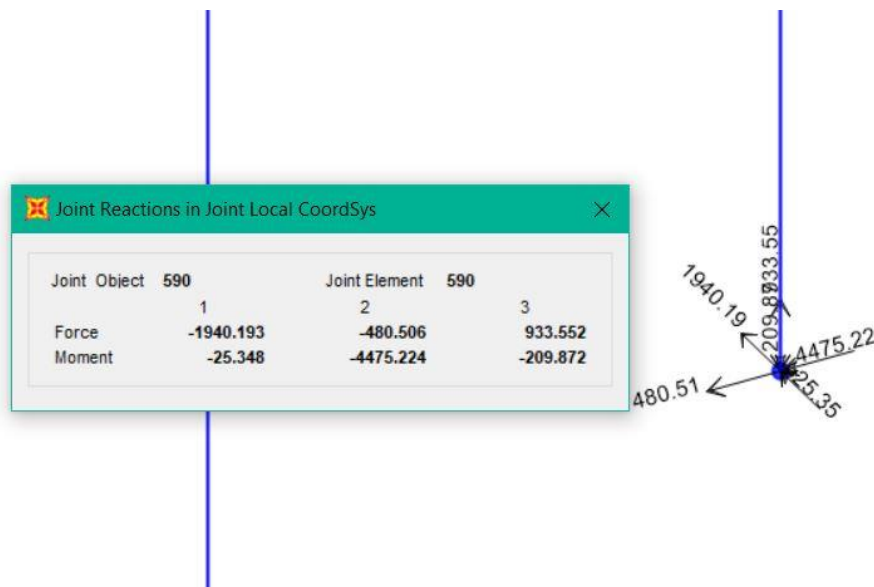
### Grupo de zapatas 1



$$N_{max} = 2581,81 \text{ kN}$$

$$a \approx \sqrt{\frac{N}{q_{cal}}} = \sqrt{\frac{2581,81}{180}} = 3,1 \text{ m}$$

## Grupo de zapatas 2



$$N_{\max} = 933,55 \text{ kN}$$

$$a \approx \sqrt{\frac{N}{q_{cal}}} = \sqrt{\frac{933,55}{180}} = 2,1 \text{ m}$$

## 2.2 Dimensionado del canto.

Predimensionaremos en este apartado la zapata para que sea rígida, ya que de esta manera cumplirá directamente las restricciones expuestas en el CTE a cortante y punzonamiento. Para ello debe verificar la siguiente función:

### Grupo de zapatas 1

$$v \leq 2h \rightarrow h \geq v/2$$

$$v = \frac{a - a_0}{2} = \frac{3,10 - 0,5}{2} = 1,3 \rightarrow h = \frac{v}{2} = \frac{1,3}{2} = 0,65 \text{ m}$$

Además, calcularemos el **canto óptimo** de la zapata, para el cual la armadura necesaria de la misma coincide con el de la cuantía geométrica mínima.

$$d_{opt} = 0,169 \sqrt{\frac{M_d}{a}}$$

$$\text{donde} \quad M_d = 1,5 \cdot \frac{q_{cal} \cdot b}{2} \cdot (v + 0,15a_0)^2$$

$$M_d = 1,5 \cdot \frac{180 \cdot 3,1}{2} \cdot (1,3 + 0,15 \cdot 0,5)^2 = 384,37 \text{ mkN} = 38,43 \text{ mT}$$

$$d_{opt} = 0,169 \sqrt{\frac{38,43}{2,1}} = 0,72 \text{ m}$$

$$h_{opt} = d_{opt} + \text{recubrimiento} \approx \mathbf{0,75 \text{ m}}$$

## Grupo de zapatas 2

$$v \leq 2h \rightarrow h \geq v/2$$

$$v = \frac{a - a_0}{2} = \frac{2,10 - 0,5}{2} = 0,8 \rightarrow h = \frac{v}{2} = \frac{0,8}{2} = 0,4 \text{ m}$$

Además, calcularemos el **canto óptimo** de la zapata, para el cual la armadura necesaria de la misma coincide con el de la cuantía geométrica mínima.

$$d_{opt} = 0,169 \sqrt{\frac{M_d}{a}}$$

$$\text{donde} \quad M_d = 1,5 \cdot \frac{q_{cal} \cdot b}{2} \cdot (v + 0,15a_0)^2$$

$$M_d = 1,5 \cdot \frac{180 \cdot 2,1}{2} \cdot (0,8 + 0,15 \cdot 0,5)^2 = 217,05 \text{ mkN} = 21,71 \text{ mT}$$

$$d_{opt} = 0,169 \sqrt{\frac{21,71}{2,1}} = 0,54 \text{ m}$$

$$h_{opt} = d_{opt} + \text{recubrimiento} \approx \mathbf{0,60 \text{ m}}$$

Para un uso eficiente del hormigón y el acero, el canto debe estar lo más próximo posible al canto óptimo.

Estudiando los resultados obtenidos en los cálculos anteriores, llegamos a la conclusión de que la mayoría de los cantos de zapatas oscilan en torno a 65 cm, en principio.

Elegimos un canto de **105 cm**, aunque supone emplear un poco más de hormigón en algunas zapatas, creemos que es preferible, pues disminuyen la necesidad de armadura y además es necesario para el empotramiento del pilar prefabricado, ya que la longitud de empotramiento debe ser al menos 1,5 veces el ancho del pilar, es decir, 75 cm, y dejar unos 30 cm desde el pilar hasta la base de la zapata.

Observamos que todas cumplen la condición de ser zapatas rígidas, por tanto, no es necesario hacer comprobaciones a punzonamiento.

### 3. Vigas riostras.

Para realizar el dimensionado de las vigas riostras, recurrimos a las tablas designadas para ello, en la que entramos en primer lugar con el axil mayorado que soporta. A continuación, comprobamos que la longitud que puede salvar es la adecuada a nuestro caso, de no ser así, iríamos a la inmediatamente después hasta que se cumplan ambas condiciones (axil y longitud).

<b>b=h</b>	<b>2A</b>	<b>cercos</b>	<b>L(m)</b>	<b>Md(T.m)</b>
30	4r12	r6 a 15cm	5	1,2
30	4r12	r6 a 15cm	6	1,6
35	4r16	r6 a 20cm	7	3,5
40	4r16	r6 a 20cm	8	4
45	4r20	r6 a 30cm	9	7,7
50	4r20	r6 a 30cm	10	8,8

Esta tabla nos da tanto las dimensiones como el armado.

En nuestra cimentación encontramos 3 longitudes de vigas riostras, de 2, 3,5 y 5 metros. Según la tabla anterior, la longitud mínima es de 5 metros, por tanto, colocaremos **vigas de 30x30 cm** arriostrando las zapatas.

En nuestra cimentación, no disponemos de vigas centradoras ya que no tenemos zapatas medianeras ni de esquina, por tanto, no existen excentricidades en la carga que llega del pilar a la zapata.

### 4. Armado

Después de fijar el canto de las zapatas en 105 cm, se armarán por cuantía geométrica mínima todas aquellas que tenga un canto óptimo igual o inferior a este.

Tendremos presente como datos los materiales utilizados:

- HA-40  $f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
- B500S  $f_y = 500 \text{ N/mm}^2$

#### GRUPO 1

- $b = 3,10 \text{ m}$
- $h = 1,05 \text{ m}$
- $d = h - \text{recubrimiento} = 1,00 \text{ m}$

$$cgm = \frac{0,9}{1000} \cdot b \cdot h$$

$$cgm = \frac{0,9}{1000} \cdot 310 \cdot 105 = 29,92 \text{ cm}^2 \rightarrow \mathbf{27\phi 12} \text{ (30,51 cm}^2\text{)}$$

La separación entre las barras de armado será (a eje) igual a:

$$\frac{(b - 2 \cdot \text{recubrimiento})}{(n^{\circ}\phi - 1)} = \frac{(310 - 2 \cdot 5)}{(27 - 1)} = \mathbf{16,66 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}}$$

## GRUPO 2

- $b = 2,10 \text{ m}$
- $h = 1,05 \text{ m}$
- $d = h - \text{recubrimiento} = 1,00 \text{ m}$

$$cgm = \frac{0,9}{1000} \cdot b \cdot h$$

$$cgm = \frac{0,9}{1000} \cdot 210 \cdot 105 = 19,84 \text{ cm}^2 \rightarrow \mathbf{18\phi 12} \text{ (20,34 cm}^2\text{)}$$

La separación entre las barras de armado será (a eje) igual a:

$$\frac{(b - 2 \cdot \text{recubrimiento})}{(n^{\circ}\phi - 1)} = \frac{(210 - 2 \cdot 5)}{(19 - 1)} = \mathbf{16,66 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}}$$

## 4.1 Longitudes anclaje.

Las longitudes de anclaje se calcularán de forma similar a los apartados anteriores.

$$lb_{neta} = lb \cdot \beta \cdot \frac{As}{As_{real}}$$

Estos datos son en referencia al hormigón y acero usados (HA-30 y B500S).

## GRUPO 1

Para el armado de la zapata, de  $\phi 12$  serán (posición I)

- $lb^I = 30 \text{ cm}$
- $\beta = 0,7 \text{ (anclaje en patilla)}$
- $As = 29,92 \text{ cm}^2$
- $As_{real} = 30,51 \text{ cm}^2$

$$lb_{neta} = 30 \cdot 0,7 \cdot \frac{29,92}{30,51} = 20,46 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Comprobaremos que la longitud de anclaje cumpla al menos:



- $10\phi = 12 \text{ cm}$
- $\frac{1}{3}lb^I = 10 \text{ cm}$
- $15 \text{ cm}$

Por tanto, la longitud de anclaje de la armadura será **25 cm**

## GRUPO 2

Para el armado de la zapata, de  $\phi 12$  serán (posición I)

- $lb^I = 30 \text{ cm}$
- $\beta = 0,7$  (*anclaje en patilla*)
- $As = 19,84 \text{ cm}^2$
- $As_{real} = 20,34 \text{ cm}^2$

$$lb_{neta} = 30 \cdot 0,7 \cdot \frac{19,84}{20,34} = 20,25 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Por tanto, la longitud de anclaje de la armadura para todas las zapatas será **25 cm**.

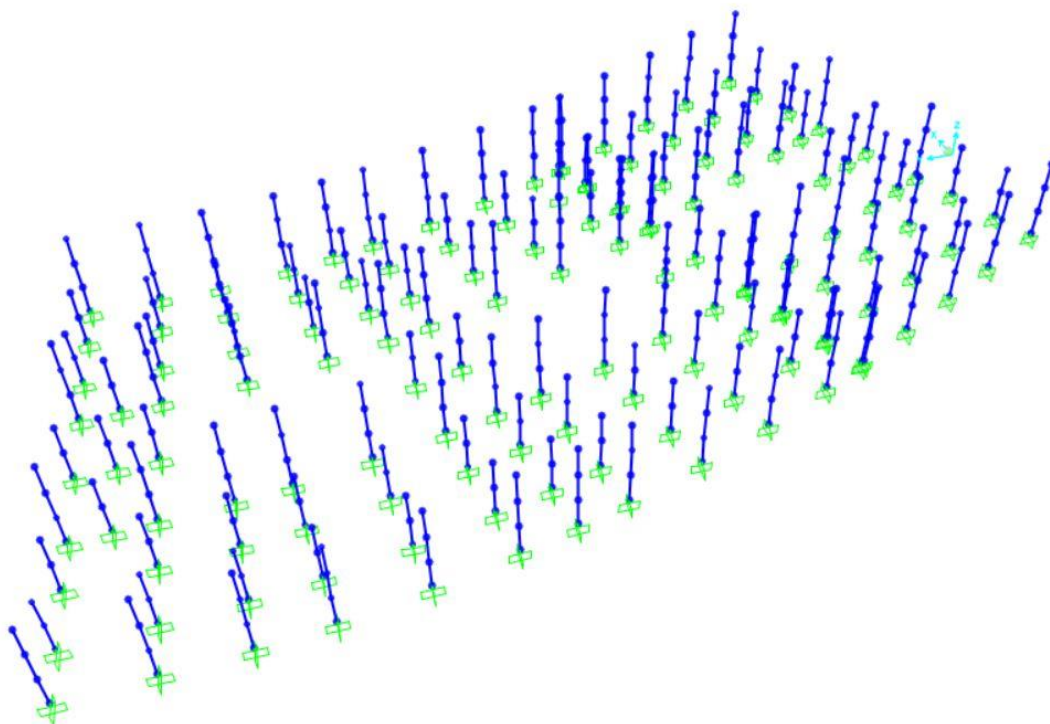
# ANEJO 4. CÁLCULO DE PILARES Y MÉNSULAS

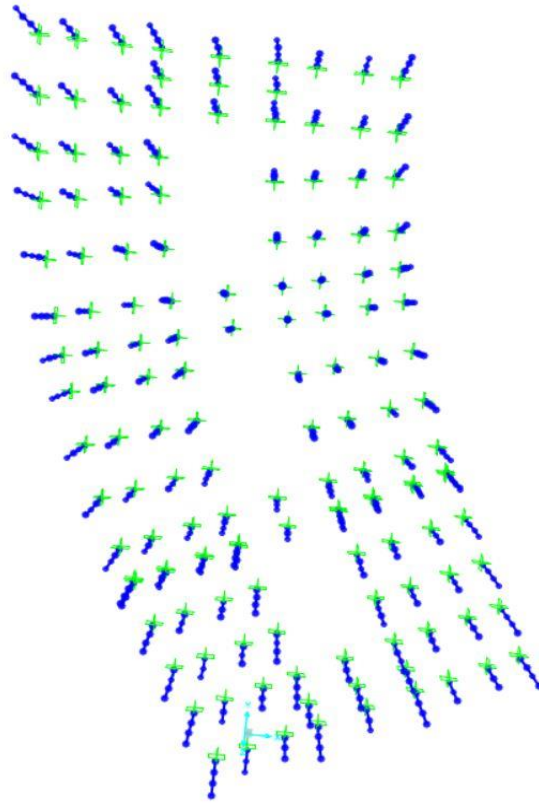
## 1. Introducción

El diseño del armado de los pilares ha sido realizado analizando la envolvente de esfuerzos y armados propuestos por el software SAP2000. Los armados obtenidos por SAP2000 se han determinado por las combinaciones de cálculo en ELU, presentando en la presente memoria técnica únicamente los valores de armado correspondientes a la combinación pésima. El cálculo a cortante se realiza con la envolvente de esfuerzos en las dos direcciones ortogonales. Tanto para flexión como cortante se respetan las condiciones mínimas geométricas y mecánicas impuestas por la normativa vigente. A partir de la obtención de cuantías de armado en SAP2000 para cada pilar y cada sección de los mismos, se agruparán los pilares en varios 'armados tipos', realizando una clasificación automática por igualdad de geometría, cargas y posiciones de armado de forma que, a partir de la envolvente de máximo armado de cada sección de la columna de 'armado tipo' se adopte una disposición de armado longitudinal mediante barras corrugadas y transversal mediante estribos corrugados, que esté del lado de la seguridad para cada Grupo de Pilares con 'armados tipos' unificados. Los grupos de pilares armados de forma similar se obtienen mediante la lógica en función de la geometría y las cargas, no permitiendo agruparlos si las alturas o las secciones no son compatibles. En cualquier caso, siempre se diseña con la armadura máxima en cada cota en altura de la sección del pilar para el grupo seleccionado. El análisis de las envolventes de armado y de esfuerzos de cortante, se realiza de forma automática, garantizándose de esta forma la validez de los valores para todos los elementos de estudio.

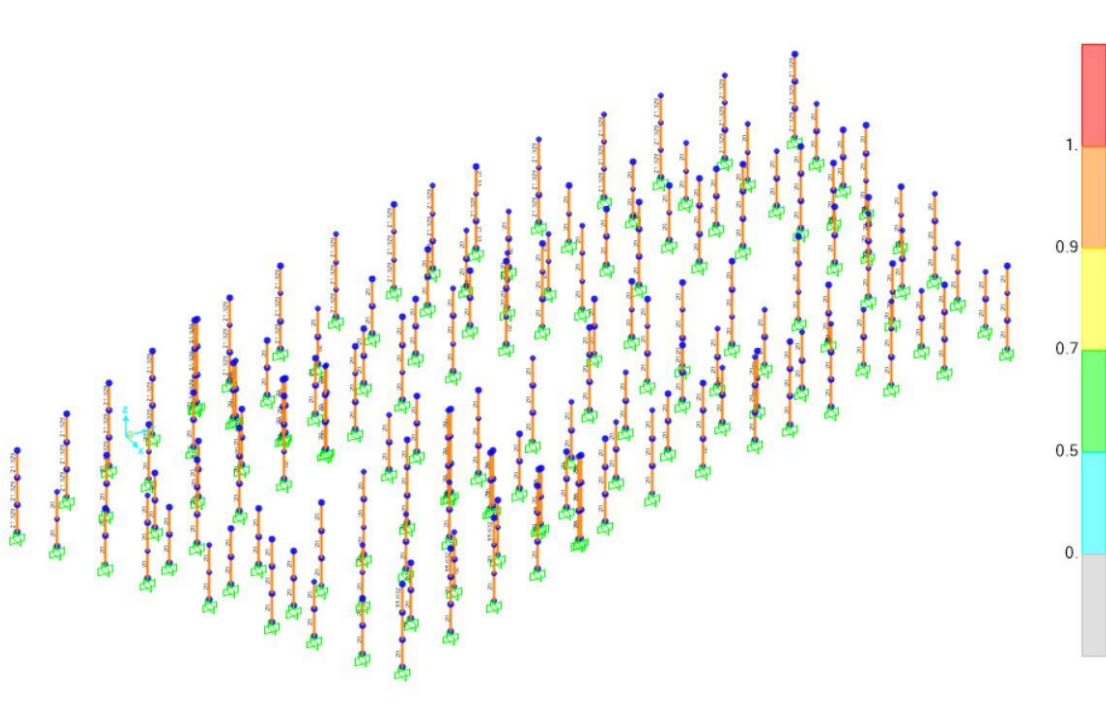
## 2. Replanteo de pilares y grupos

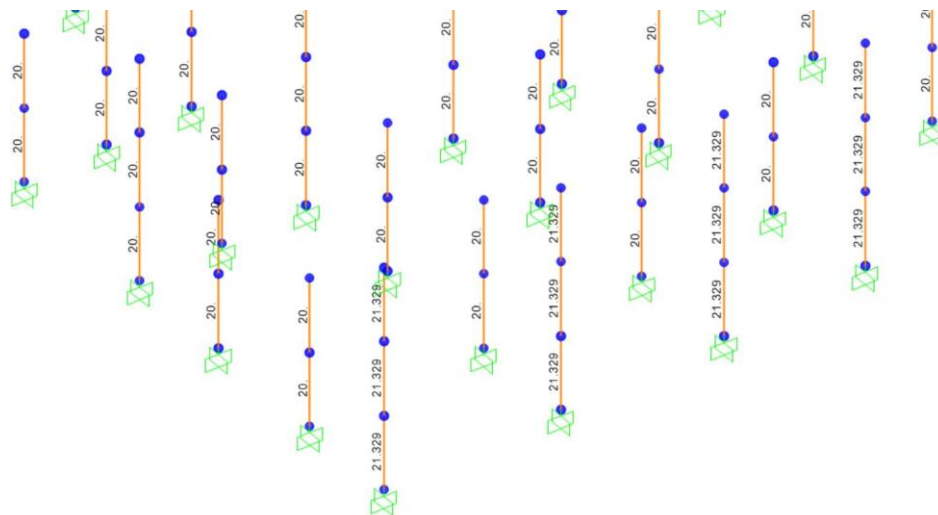
La malla de pilares de la estructura modelizada es la siguiente:





El armado necesario según SAP2000 es el siguiente:





Analizando la geometría y la cuantía necesaria de armado de cada pilar, dividimos en tres grupos:

**Grupo 1:** Pilares con sección 40x50 cm<sup>2</sup> y altura 9,6 m (fachada expuesta al viento)

**Grupo 2:** Pilares con sección 40x50 cm<sup>2</sup> y altura 9,6 m

**Grupo 3:** Pilares con sección 40x50 cm<sup>2</sup> y altura 6,4 m

### 3. Cálculo de armado por grupos

#### • ARMADURA LONGITUDINAL

Se cumplen las condiciones y mínimos exigidos por la norma EHE-08, en la que se determina en el artículo 42.3.1: “(...) la armadura pasiva longitudinal resistente, o la de piel, habrá de quedar distribuida convenientemente para evitar que queden zonas de hormigón sin armaduras, de forma que la distancia entre dos barras longitudinales consecutivas ( $s$ ) cumpla las siguientes limitaciones:

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

$s \leq$  tres veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento, alma o alas, en las que vayan situadas (...)”

Teniendo pues un pilar de 0,4x0,5 m la separación entre armaduras al colocar 2 barras longitudinales por cara, será de unos 35-40 cm, por lo que se hace imprescindible la colocación de un total de 3 barras por cara de pilar, teniendo así una cuantía de 8 $\phi$  longitudinales en la sección del pilar.

Debemos tener en cuenta para el armado, los esfuerzos obtenidos directamente del programa de cálculo SAP2000.

#### • Características de la sección y materiales.

$$\text{➤ Capacidad mecánica: } U_0 = f_{cd} \cdot b \cdot d = \frac{50.000}{1,5} \cdot 0,5 \cdot 0,35 = 4666,66 \text{ kN}$$

Siendo:  $f_{cd}$  = resistencia de cálculo hormigón ( $50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ )

$b = \text{ancho del pilar}$

$d = \text{canto útil del pilar (calculado igual que vigas)}$

- Compresión oblicua del alma: el cortante mayorado del pilar debe ser menor que  $V_u$

$$V_u = 0,3 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d = 0,3 \left( \frac{50.000}{1,5} \right) \cdot 0,5 \cdot 0,35 = 1400 \text{ kN}$$

El cortante del pilar lo determinamos gracias al programa de cálculo SAP2000

En nuestro caso los datos obtenidos para el cortante son:

#### • GRUPO 1:

Observamos que en ambos casos  $V_u \geq V_s$  (*cortante mayorado*) y por tanto se cumple la premisa.

Al encontrarnos en flexión esviada, se armarán por igual las cuatro caras del pilar, resultando un armado simétrico.

En primer lugar, determinamos la cuantía geométrica mínima:

$$c.g.m = 4 \frac{0}{000} \cdot b(0,5) \cdot h(0,4) = 8 \text{ cm}^2$$

Nos remitimos a continuación al estudio y dimensionado del armado extraído de SAP2000

Observamos que la cuantía necesaria según el programa informático es mayor que la cuantía geométrica mínima, por tanto, dispondremos la cuantía proporcionada por el programa.

Nota: recordemos que tenemos que disponer 3 $\phi$  por cara (8  $\phi$  en total)

Cuantía necesaria 21,33 cm<sup>2</sup>

**Dispondremos de 8  $\phi$  20 (25,12 cm<sup>2</sup>)**

#### Comprobación.

$$U_s \leq f_{cd} \cdot A_c \quad \text{donde: } U_s = f_{yd} \cdot A_s(\text{armadura colocada}) = \frac{500}{1} \cdot 25,12 \times 10^2 = 1256 \text{ kN}$$

$$\text{donde: } A_c = 0,5 \times 0,4 = 0,2 \text{ m}^2$$

$$f_{cd} = 26.666 \text{ kN/m}^2 \rightarrow f_{cd} \cdot A_c = 20.000 \cdot 0,25 = 5.333 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{array}{l} s \leq 3b \\ s \leq 35 \text{ cm} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Al disponer 3 redondos por cara, la separación} \\ \text{máxima entre las armaduras es de 20 cm y por} \\ \text{tanto cumple las exigencias.} \end{array}$$

Así pues, la armadura longitudinal cumple las exigencias marcadas por la norma.

### GRUPO 2 y 3:

En el caso del grupo 2 y 3, obtenemos los mismos resultados de cortante. La única diferencia es que en el grupo 3, tenemos un tramo de pilar menos.

Observamos que en ambos casos  $V_u \geq V_s$  (*cortante mayorado*) y por tanto se cumple la premisa.

Al encontrarnos en flexión esviada, se armarán por igual las cuatro caras del pilar, resultando un armado simétrico.

En primer lugar, determinamos la cuantía geométrica mínima:

$$c.g.m = 4 \cdot \frac{0}{1000} \cdot b(0,5) \cdot h(0,4) = 8 \text{ cm}^2$$

Nos remitimos a continuación al estudio y dimensionado del armado extraído de SAP2000

Observamos que la cuantía necesaria según el programa informático es mayor que la cuantía geométrica mínima, por tanto, dispondremos la cuantía proporcionada por el programa.

Nota: recordemos que tenemos que disponer 3 $\phi$  por cara (8  $\phi$  en total)

Cuantía necesaria 20 cm<sup>2</sup>

**Dispondremos de 4  $\phi$  20 (12,56 cm<sup>2</sup>) y 4  $\phi$  16 (8,04 cm<sup>2</sup>), en total 20,6 cm<sup>2</sup>**

### Comprobación.

$$U_s \leq f_{cd} \cdot A_c \quad \text{donde: } U_s = f_{yd} \cdot A_s(\text{armadura colocada}) = \frac{500}{1} \cdot 20,6 \times 10^2 = 1030 \text{ kN}$$

$$\text{donde: } A_c = 0,5 \times 0,4 = 0,2 \text{ m}^2$$

$$f_{cd} = 26.666 \text{ kN/m}^2 \rightarrow f_{cd} \cdot A_c = 20.000 \cdot 0,25 = 5.333 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{array}{l} s \leq 3b \\ s \leq 35 \text{ cm} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Al disponer 3 redondos por cara, la separación} \\ \text{máxima entre las armaduras es de 20 cm y por} \\ \text{tanto cumple las exigencias.} \end{array}$$

Así pues, la armadura longitudinal cumple las exigencias marcadas por la norma.

### • LONGITUDES DE ANCLAJE.

Lo dispuesto a continuación viene referido a los valores establecidos en el **art. 69.5.2.** de la **EHE-08.**

\_ Solape (posición A): Posición I, de buena adherencia, en prolongación recta:

Para  $\phi 16 \rightarrow lb_l = 40 \text{ cm}$

Para  $\phi 20 \rightarrow lb_I = 60 \text{ cm}$

$$lb_{neta} = lb_I \cdot \beta \cdot \left( \frac{A_{nec}}{A_{real}} \right) \quad \text{donde } \beta = 1 \text{ (prolongación recta) Tabla 66.5.2b.}$$

$$lb_{neta}(\phi 16) = 40 \cdot 1 \cdot \left( \frac{21,33}{25,12} \right) = 33,96 \text{ cm}$$

$$lb_{neta}(\phi 20) = 60 \cdot 1 \cdot \left( \frac{21,33}{25,12} \right) = 50,94 \text{ cm}$$

$$lb_{neta} > 10\phi$$

$$lb_{neta} > 15 \text{ cm}$$

$$lb_{neta} > 1/3 lb_I$$

$$l_s(\phi 12) = lb_{neta} \cdot \alpha = 33,96 \text{ cm} \cdot 1,4 = 47,54 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$l_s(\phi 16) = 50,94 \text{ cm} \cdot 1,4 = 71,33 \text{ cm} \approx 75 \text{ cm}$$

Donde  $\alpha = 1,4$  (tabla 69.5.2.2) 25% de barras a tracción

#### • ARMADURA TRANSVERSAL.

##### Compresión oblicua del alma.

Anteriormente hemos comprobado que en ambos casos  $V_u \geq V_s$  (cortante mayorado) y por tanto se cumple la premisa.

Además  $V_s \leq V_{u2}$  (cortante de agotamiento por tracción), dato que comprobaremos a continuación.

##### Armado.

➤ Por disposición:

— La EHE-08 no distingue zonas para ductilidad baja:

$$\phi_{min} = 6 \text{ mm}$$

$$\phi_t \geq \frac{1}{4} \phi_{max} \text{ } (\phi_{max} \text{ diámetro de la barra comprimida más gruesa})$$

$$s \leq 15\phi_{min}$$

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

$$s \leq b_e \square b_e = \text{menor dimensión del núcleo de hormigón limitado por el borde exterior de la armadura transversal}$$

➤ Por cálculo:

— Contribución del hormigón:

$$V_{cu} = \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot b_0 d$$

$$\rho_1 = \frac{A_1}{bd} = \frac{4\phi 16 + 4\phi 20}{50 \cdot 35} = 0,0143$$

$$f_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{cu} = \frac{0,15}{1,5} \cdot 1,66 (100 \cdot 0,0143 \cdot 40)^{\frac{1}{3}} \cdot 500 \cdot 450 = 144091 \text{ N} = 144,091 \text{ kN}$$

— Cuantía mínima armadura transversal:

$$V_{smin} = 0,12 \cdot f_{ct,m} \cdot b \cdot d \quad f_{ct,m} = 0,3 \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

$$V_{smin} = 0,12 \cdot f_{ct,m} \cdot b \cdot d = 0,12 \cdot 0,3 \sqrt[3]{40^2} \cdot 500 \cdot 350 = 78204 \text{ N} = 78,20 \text{ kN}$$

— Cortante de agotamiento por tracción del alma:

$$V_{u2} = V_{cu} + V_{smin} = 144,091 + 78,20 = 222,29 \text{ kN}$$

Todas las zonas del pilar con cortante inferior a este se armarán con cuantía mínima de acero.

Calculamos a continuación la separación de los cercos, conociendo que se dispondrán redondos de 6 mm (cumple con las premisas expuesta al principio del apartado) contando con un total de 4 ramas (pues tenemos una suma de  $8\phi$  separados mas de 15 cm y por tanto han de ir arriostrados con cercos).

— Separación de cercos:

$$S_{smin} = \frac{0,9 \cdot d \cdot A_c \cdot f_{yd}}{V_{min}} \quad A_c = 4 \text{ ramas de } \phi 8 = 4 \cdot 0,283 \text{ cm}^2$$

$f_{yd} = 40 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$  las armaduras comprimidas se calcularán con esta tensión máxima con el fin de limitar la deformación del acero a un valor de 0,002 para asegurar la compatibilidad de deformaciones entre el hormigón comprimido y el acero (utilizando un coeficiente de minoración de 1).

$$S_t = \frac{0,9 \cdot d \cdot A_c \cdot f_{yd}}{V_{min}} = \frac{0,9 \cdot 35 \cdot (4 \cdot 0,283) \cdot 40}{57,58} = 17,50 \text{ cm}$$

Cumpliría por tanto con cercos de  **$\phi 8 \text{ mm}$  separados como máximo 17,50 cm** en las zonas en las que el cortante sea menor al de agotamiento calculado anteriormente, reforzándose en las zonas que lo supere



disminuyendo la separación entre cercos. Sin embargo, en las premisas a cumplir expuestas al comienzo del apartado, se cita que la separación no puede exceder  $s \leq 15\phi_{min}$ , correspondiendo esto a 17 cm. Por tanto, la separación será.

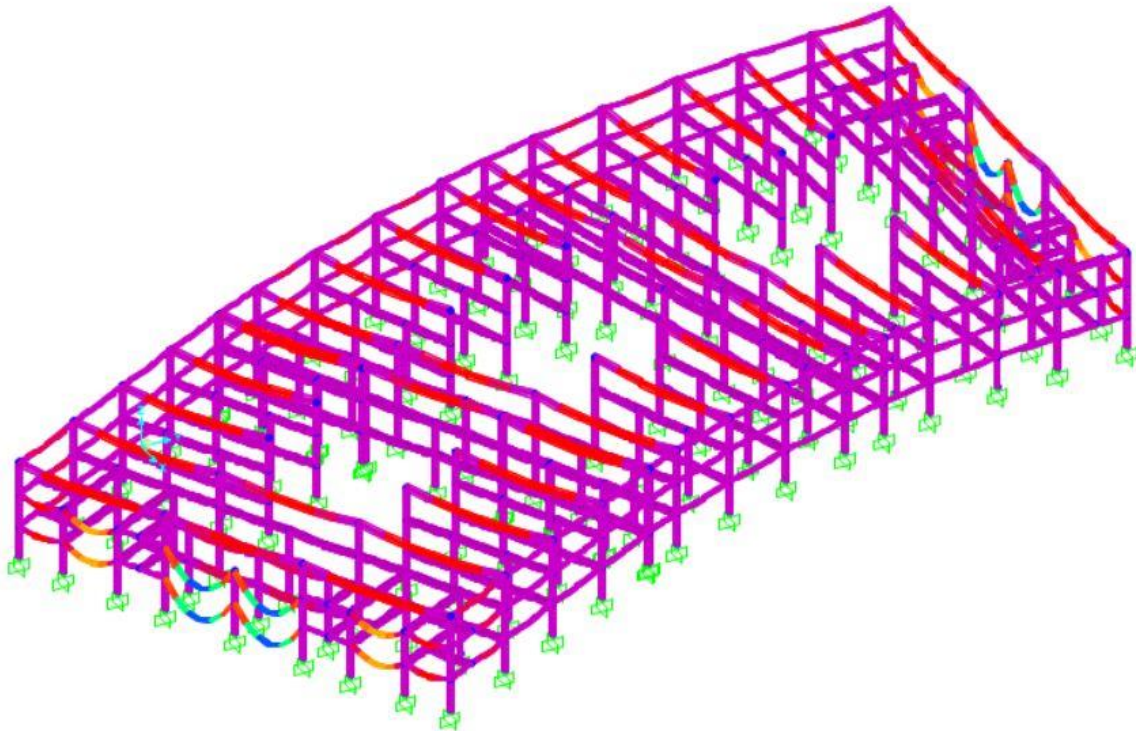
$$S_t = 17 \text{ cm}$$

Como se observa los valores más desfavorables de cortante son inferiores al calculado y por tanto no será necesario reforzar los nudos con un estribado mayor.

#### 4. Comprobación ELS:

Para la comprobación de los desplazamientos, vamos a evaluar en el modelo sólo los pilares, dado que las vigas y placas, debido al pretensado, no van a tener las deformaciones que nos indica Sap2000. En combinaciones con cargas estáticas vamos a evaluar las deformaciones en combinación frecuente, y se multiplicarán las deformaciones por el coeficiente de ductilidad que hemos aplicado al modelo ( $m_{nu}=2$ ), dado que sap2000 te da solo la deformación en el rango elástico.

Como podemos comprobar, las deformaciones son insignificantes, aunque las multipliquemos por el coeficiente de ductilidad. Esto es debido a que la estructura está suficientemente arriostrada en la dirección del viento.



#### 5. Cálculo de ménsulas:

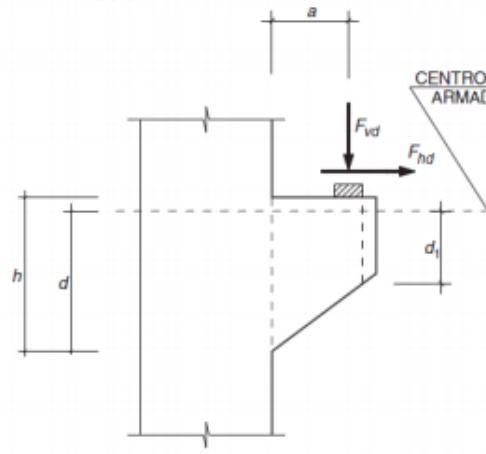
A continuación, vamos a calcular una ménsula tipo con el programa Mathcad. Introducimos los valores de la geometría y las cargas que le llegan a la ménsula. Realizamos el ejemplo de las ménsulas que soportan las vigas de forjado.

La carga correspondiente a los estados límites últimos tiene las siguientes componentes vertical  $F_v$  y horizontal  $F_h$

$$F_{vd} := 195 \text{ kN}$$

$$F_{hd} := 50 \text{ kN}$$

EHE-08 64.1.2



#### DATOS:

##### Propiedades geométricas de la sección:

Canto de la sección del apoyo

$$h := 0.6 \text{ m}$$

Distancia de la carga a la cara del pilar

$$a := 0.1 \text{ m}$$

Recubrimiento mecánico  $A_s$  principal

$$r_{mec} := 0.05 \text{ m}$$

Canto útil

$$d := h - r_{mec} = 0.55 \text{ m}$$

Dimensiones del apoyo  $b \times b$

$$b := 0.4 \text{ m}$$

##### Materiales:

Hormigón HA50

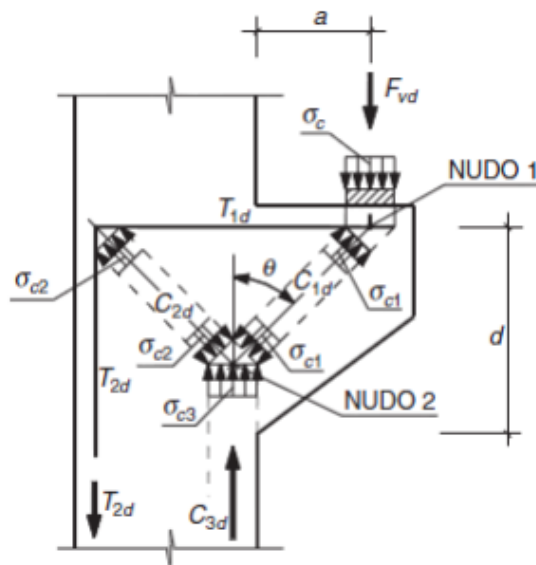
$$f_{ck} := 50 \text{ MPa} \quad \gamma_c := 1.5 \quad f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 33.33 \cdot \text{MPa}$$

Acero Pasivo B – 500S

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad \gamma_s := 1.15$$

$$f_{yd} := \min \left( 400 \text{ MPa}, \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \right) = 400 \cdot \text{MPa}$$

## Modelo de cálculo



$\cotg \theta = 1,4$  Si se hormigona la ménsula monolíticamente con el pilar. Podrá adoptarse valores distintos de  $\cotg \theta$  y nunca superiores a 2,0 previa justificación mediante estudios teóricos o experimentales adecuados.

$\cotg \theta = 1,0$  Si se hormigona la ménsula sobre el hormigón del pilar endurecido.

$\cotg \theta = 0,6$  Para el caso anterior, pero con rugosidad débil de la superficie del hormigón endurecido.

Adoptamos  $\cotg \theta = 1,4$

$$\theta := \operatorname{acot}(1.4) \quad \cot(\theta) = 1.4$$

Condiciones de ménsula corta

$$a = 0.1 \text{ m} < d = 0.55 \text{ m}$$

$$d_1 := 0.4 \text{ m} > 0.5 \cdot d = 0.275 \text{ m}$$

Condición del modelo

$$d = 0.55 \text{ m} > \frac{a}{0.85} \cdot \cot(\theta) = 0.165 \text{ m}$$

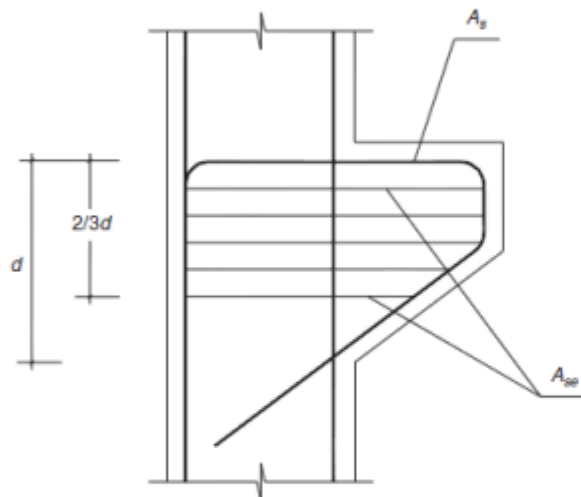
Tracción en el tirante

EHE-08 64.1.2.1.1

$$T_{1d} := F_{vd} \cdot \tan(\theta) + F_{hd} = 189.29 \cdot \text{kN}$$

Armadura necesaria

En barras de 20 mm



$$A_s := \frac{T_{1d}}{f_{yd}} = 4.732 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_{20} := 20 \text{ mm} \quad A_{20} := \pi \cdot \frac{\phi_{20}^2}{4} = 3.142 \cdot \text{cm}^2$$

$$n_{20} := \frac{A_s}{A_{20}} = 1.506$$

Se disponen 2  $\Phi 20$

Armadura secundaria

$$T_{2d} := 0.20 F_{vd} = 39 \cdot \text{kN}$$

$$A_{se} := \frac{T_{2d}}{f_{yd}} = 0.975 \cdot \text{cm}^2$$

$$\frac{2}{3} \cdot d = 0.367 \text{ m}$$

$$\text{Cada } 20 \text{ cm} \quad s_t := 20 \text{ cm}$$

$$n_{\text{cercos}} := \frac{2}{3} \cdot \frac{d}{s_t} = 1.833 \quad (1 \text{ cercos})$$

$$A_{\text{scerco}} := \frac{A_{se}}{2.2} = 0.244 \cdot \text{cm}^2 \quad 1 \text{ Cercos de } \Phi 8$$

# ANEJO 5. CÁLCULO DE VIGAS Y FORJADO

---

## 1. Introducción

El diseño del armado de las vigas ha sido realizado analizando la envolvente de esfuerzos y deformaciones obtenidos con el software SAP2000. Los armados se han determinado por las combinaciones de cálculo en ELU, presentando en la presente memoria técnica únicamente los valores de armado correspondientes a la combinación pésima. El cálculo a cortante se realiza con la envolvente de esfuerzos en las dos direcciones ortogonales. Tanto para flexión como cortante se respetan las condiciones mínimas geométricas y mecánicas impuestas por la normativa vigente. A partir de la obtención de esfuerzos en SAP2000 para cada viga y cada sección de las mismas, se agruparán, realizando una clasificación automática por igualdad de geometría, cargas y posiciones de armado.

## 2. Replanteo de vigas y grupos

Procederemos al armado manual de los distintos elementos de la estructura. Vamos a agrupar las vigas en varios grupos, siendo las más desfavorables.

- **Grupos de Vigas**
  - Vigas T invertida forjado
  - Vigas Rectangulares de Cubierta
  - Vigas de borde en L
  - Vigas de rampas
  - Vigas de escaleras

## 3. Armado de vigas

Los tres primeros grupos de vigas las vamos a armar con armadura pretensada ya que son elementos prefabricados. Las rampas y las escaleras se ejecutarán in situ.

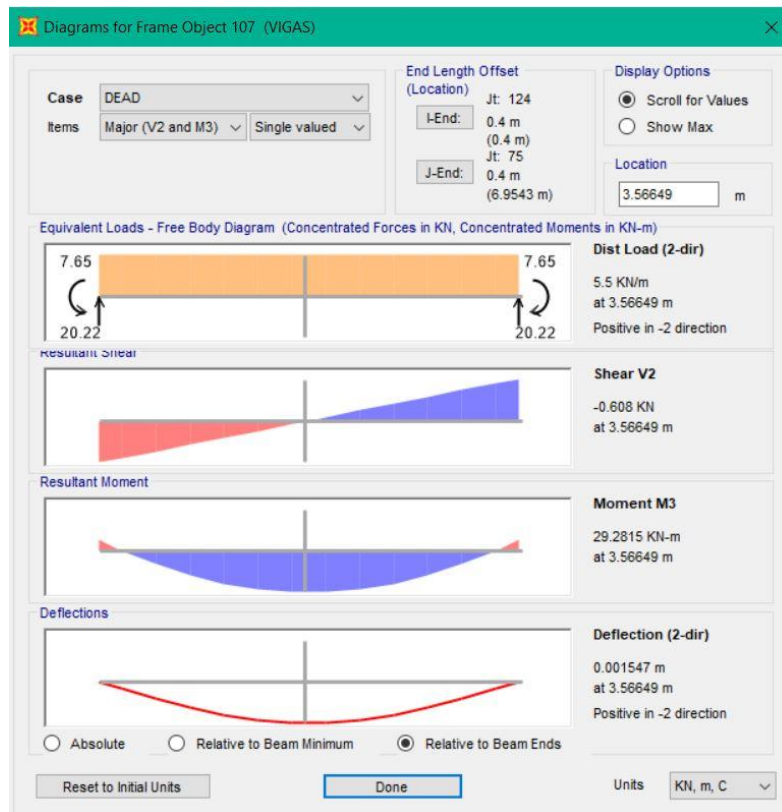
### 3.1 Vigas de forjado (TIPO 1)

#### CÁLCULO FUERZA DE PRETENSADO. DIAGRAMA MAGNEL

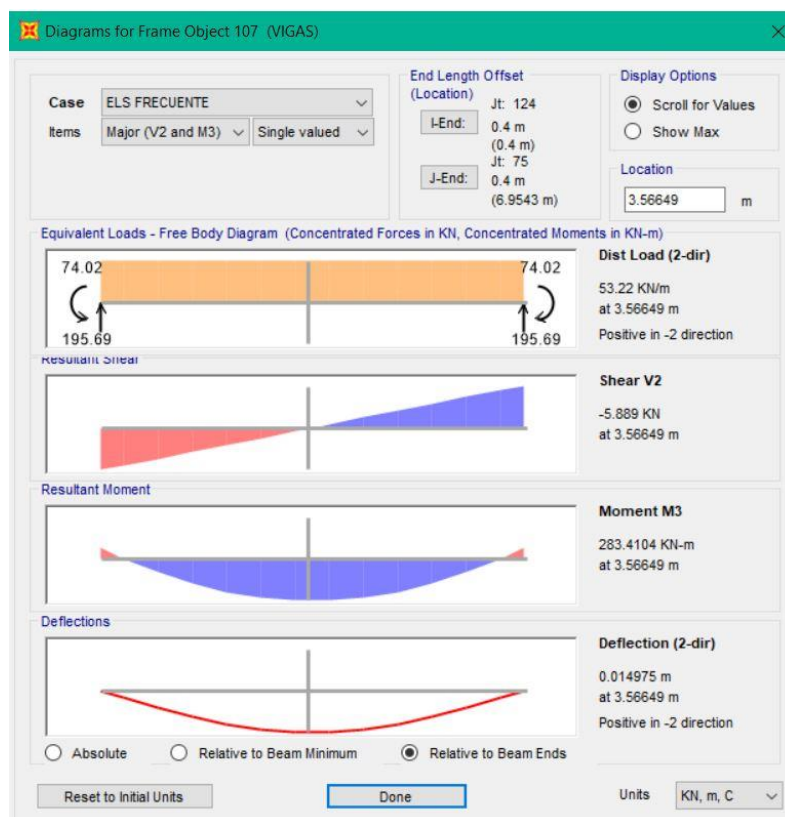
Tras realizar el primer análisis tenemos como resultado unos esfuerzos flectores a lo largo de la estructura. Estos flectores son los que emplearemos en el diagrama de Magnel, realizado con el programa Mathcad, con el objetivo de obtener una primera estimación del pretensado.

Con esta primera estimación, introducimos en el modelo un número de cordones (dado por la sección más crítica, es decir, aquella que necesite más área de pretensado para cumplir con los requisitos tensionales), y la acción de pretensado.

Los valores de momentos flectores de peso propio son:



Los valores de momentos flectores de combinación de ELS Frecuente son:



Con estos valores realizamos el diagrama de Magnel:

Area de la viga	$A_v := 0.22\text{m}^2$
Posición del centro de gravedad	$H_{cg} := 0.2\text{m}$
Inercia de la viga	$I_f := 0.0037\text{m}^4$
Distancia de la fibra inferior al baricentro	$v_1 := H_{cg} = 0.2\text{m}$
Distancia de la fibra superior al baricentro	$v_2 := -0.2\text{m}$
Módulo resistente de la fibra traccionada	$Z_1 := \frac{I_f}{v_1} = 1.85 \times 10^4 \cdot \text{cm}^3$
Módulo resistente de la fibra comprimida	$Z_2 := \frac{I_f}{v_2} = -1.85 \times 10^4 \cdot \text{cm}^3$
Coefficiente K1	$k_1 := \frac{Z_1}{A_v} = 0.084\text{m}$
Coefficiente K2	$k_2 := \frac{Z_2}{A_v} = -0.084\text{m}$
Longitud de la viga	$L_v := 7.45\text{m}$

#### Límites tensionales:

Tensión máxima de compresión en la transferencia	$\sigma_{ct} := 0.6 \cdot 40\text{MPa} = 24 \cdot \text{MPa}$
Tensión máxima de tracción en la transferencia	$\sigma_{tt} := 0\text{MPa}$
Tensión máxima de compresión en servicio	$\sigma_{cw} := 24\text{MPa}$
Tensión máxima de tracción en servicio	$\sigma_{tw} := 0\text{MPa}$

#### Datos de Tesado:

Tensión de rotura del acero	$f_{pmax} := 1860\text{MPa}$
Porcentaje de tesado	$r_t := 75\%$
Coefficiente de pérdidas	$R_p := 80\%$

#### Esfuerzos en la sección central:

Momento en la transferencia	$M_t := 29.28\text{m} \cdot \text{kN}$
Momento de servicio	$M_w := 283.51\text{m} \cdot \text{kN}$

### Fuerzas de tesado:

Tesado inicial

$$P_0 := \frac{1}{\text{inv}P_0} = 1933.072 \cdot \text{kN}$$

$$A_p := \frac{P_0}{r_t \cdot f_{p\max}} = 1.386 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_{\text{cor}} := \frac{A_p}{A_{\text{puni}}} = 9.898$$

Elegimos  $n_{\text{cord}} := (8)$

$$P_{0d} := n_{\text{cord}} \cdot A_{\text{puni}} \cdot r_t \cdot f_{p\max} = 1.562 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$P_w := R_p \cdot P_{0d} = 1.25 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$e_I \left( \frac{1}{P_{0d}} \right) = 0.103 \text{ m} \quad e_{IV} \left( \frac{1}{P_{0d}} \right) = 0.143 \text{ m}$$

Con los valores de fuerza de pretensado que obtenemos y con la excentricidad, decidimos colocar **8 cordones de 15,2mm con una excentricidad máxima de 0.143 m**.

### CÁLCULO ARMADURA PASIVA

Para calcular la armadura longitudinal a flexión, partimos del artículo 42.3.2 de la EHE-08 sobre la cuantía mínima de armadura longitudinal, que sigue la expresión:

$$A_p f_{pd} \frac{d_p}{d_s} + A_s f_{yd} \geq \frac{W_1}{z} f_{ct,m,fl} + \frac{P}{z} \left( \frac{W_1}{A} + e \right)$$

donde interviene la armadura pasiva,  $A_s$ , y la armadura activa de pretensado,  $A_p$ .

Poseemos una armadura activa de:

$$A_p = 1386 \text{ mm}^2$$

Si cumpliéramos el requisito anterior con esta armadura únicamente, podríamos obviar una armadura pasiva adicional para resistencia a flexión. Comprobamos esto:

$$W_1 = \frac{I}{V_1} = 0,0185 \text{ m}^3$$

$$z = 0,8 h = 0.32 \text{ m}$$

$$d_p = 0.35 \text{ m}$$

$$A = 0.22 \text{ m}^2$$

$$e = 0.15 \text{ m}$$

$$P = P_o - P_{inst} = 1546.45 \text{ KN}$$

$$f_{ct, m}, f_l \cong 4.5 \text{ MPa}$$

Se verifica la expresión:

$$2217,6 > 1391,43 \text{ KN}$$

Se comprueba que con la armadura activa es suficiente para cumplir el ELU, de modo que no dispondremos de armadura activa longitudinal adicional.

Para la definición de la armadura transversal atenderemos a la cuantía mínima, para realizar un predimensionado y ejecutar el cálculo.

Atendiendo al artículo 44.2.3.4.1 de la EHE-08, obtenemos la cuantía mínima que cumple:

$$\sum \frac{A_{\alpha} f_{y\alpha, d}}{\sin \alpha} \geq \frac{f_{ct, m}}{7,5} b_0$$

$$b_0 = b - \eta \sum \phi \quad , \eta = 0.5$$

Sección:

$$b_0 = (0.7 - 0.5 \cdot (4 \cdot 0.015)) = 0.67 \text{ m}$$

$$A_{\alpha} \geq \frac{3,51 \cdot 0,67}{7,5 \cdot 400} = 0,00078 \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

tenemos un área mínima por unidad de longitud de: 7,8 cm<sup>2</sup>/m

Calculamos la máxima separación entre cercos, St, tomando cercos de Ø12:

$$7,8 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \leq \frac{4 \text{ ramas} \cdot 0,78 \text{ cm}^2}{St} \rightarrow St \leq 0,4 \text{ m}$$

Cumplimos con la cuantía mínima disponiendo **un cerco en cada alma (2 ramas por cerco, 4 ramas en sección) de Ø10 a 30 centímetros (separación máxima).**



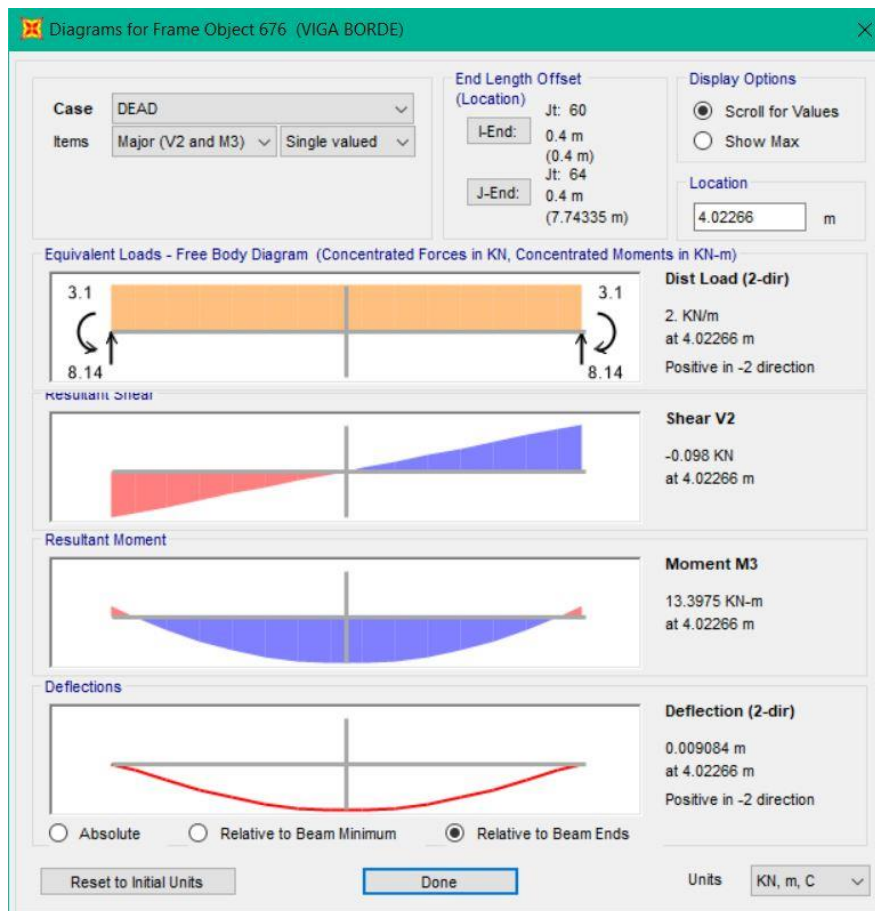
### 3.2 Vigas de borde (TIPO 2)

#### CÁLCULO FUERZA DE PRETENSADO. DIAGRAMA MAGNEL

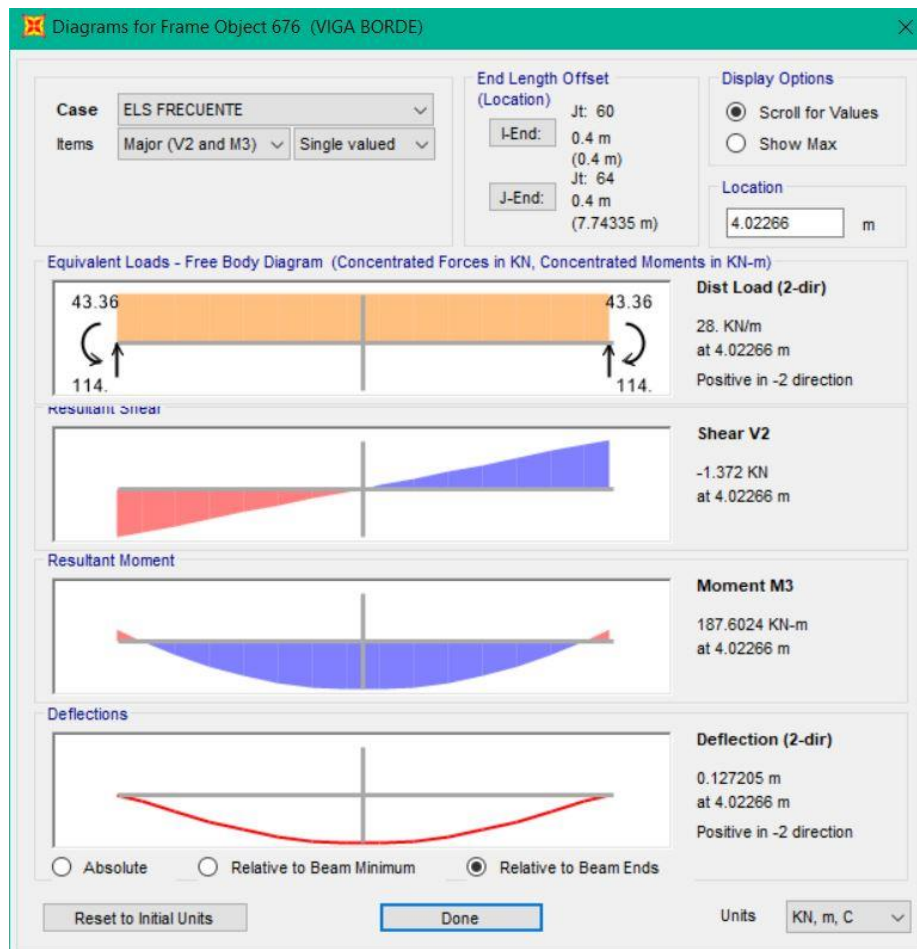
Tras realizar el primer análisis tenemos como resultado unos esfuerzos flectores a lo largo de la estructura. Estos flectores son los que emplearemos en el diagrama de Magnel, con el objetivo de obtener una primera estimación del pretensado.

Con esta primera estimación, introducimos en el modelo un número de cordones (dado por la sección más crítica, es decir, aquella que necesite más área de pretensado para cumplir con los requisitos tensionales), y la acción de pretensado.

Los valores de momentos flectores de peso propio son:



Los valores de momentos flectores de combinación de ELS Frecuente son:



Con estos valores realizamos el diagrama de Magnel:

Area de la viga	$A_v := 0.19\text{m}^2$
Posición del centro de gravedad	$H_{cg} := 0.2\text{m}$
Inercia de la viga	$I_f := 0.0037\text{m}^4$
Distancia de la fibra inferior al baricentro	$v_1 := H_{cg} = 0.2\text{m}$
Distancia de la fibra superior al baricentro	$v_2 := -0.2\text{m}$
Módulo resistente de la fibra traccionada	$Z_1 := \frac{I_f}{v_1} = 1.85 \times 10^4 \cdot \text{cm}^3$
Módulo resistente de la fibra comprimida	$Z_2 := \frac{I_f}{v_2} = -1.85 \times 10^4 \cdot \text{cm}^3$
Coeficiente K1	$k_1 := \frac{Z_1}{A_v} = 0.097\text{m}$
Coeficiente K2	$k_2 := \frac{Z_2}{A_v} = -0.097\text{m}$
Longitud de la viga	$L_v := 7.74\text{m}$

**Límites tensionales:**

Tensión máxima de compresión en la transferencia	$\sigma_{ct} := 0.6 \cdot 40 \text{ MPa} = 24 \cdot \text{MPa}$
Tensión máxima de tracción en la transferencia	$\sigma_{tt} := 0 \text{ MPa}$
Tensión máxima de compresión en servicio	$\sigma_{cw} := 24 \text{ MPa}$
Tensión máxima de tracción en servicio	$\sigma_{tw} := 0 \text{ MPa}$

**Datos de Tesado:**

Tensión de rotura del acero	$f_{pmax} := 1860 \text{ MPa}$
Porcentaje de tesado	$r_t := 75\%$
Coefficiente de pérdidas	$R_p := 80\%$

**Esfuerzos en la sección central:**

Momento en la transferencia	$M_t := 13.4 \text{ m} \cdot \text{kN}$
Momento de servicio	$M_w := 187.60 \text{ m} \cdot \text{kN}$

**Fuerzas de tesado:**

Tesado inicial

$$P_0 := \frac{1}{\text{inv}P_0} = 1135.378 \cdot \text{kN}$$

$$A_p := \frac{P_0}{r_t \cdot f_{pmax}} = 813.891 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_{cor} := \frac{A_p}{A_{puni}} = 5.814$$

Elegimos  $n_{cord} := 5$

$$P_{0d} := n_{cord} \cdot A_{puni} \cdot r_t \cdot f_{pmax} = 976.5 \cdot \text{kN}$$

$$P_w := R_p \cdot P_{0d} = 781.2 \cdot \text{kN}$$

$$e_I \left( \frac{1}{P_{0d}} \right) = 0.111 \text{ m} \quad e_{IV} \left( \frac{1}{P_{0d}} \right) = 0.143 \text{ m}$$

Con los valores de fuerza de pretensado que obtenemos y con la excentricidad, decidimos colocar **5 cordones de 15,2mm con una excentricidad máxima de 0.143 m.**

**CÁLCULO ARMADURA PASIVA**

Para calcular la armadura longitudinal a flexión, partimos del artículo 42.3.2 de la EHE-08 sobre la cuantía mínima de armadura longitudinal, que sigue la expresión:

$$A_p f_{pd} \frac{d_p}{d_s} + A_s f_{yd} \geq \frac{W_1}{z} f_{ct,m,fl} + \frac{P}{z} \left( \frac{W_1}{A} + e \right)$$

donde interviene la armadura pasiva,  $A_s$ , y la armadura activa de pretensado,  $A_p$ .

Poseemos una armadura activa de:

$$A_p = 813,9 \text{ mm}^2$$

Si cumpliéramos el requisito anterior con esta armadura únicamente, podríamos obviar una armadura pasiva adicional para resistencia a flexión. Comprobamos esto:

$$W_1 = \frac{I}{V_1} = 0,0185 \text{ m}^3$$

$$z = 0,8 h = 0,32 \text{ m}$$

$$d_p = 0,35 \text{ m}$$

$$A = 0,19 \text{ m}^2$$

$$e = 0,15 \text{ m}$$

$$P = P_o - P_{inst} = 908,27 \text{ KN}$$

$$f_{ct, m, fl} \cong 4.5 \text{ MPa}$$

Se verifica la expresión:

$$1388,38 > 702,21 \text{ KN}$$

Se comprueba que con la armadura activa es suficiente para cumplir el ELU, de modo que no dispondremos de armadura activa longitudinal adicional.

Para la definición de la armadura transversal atenderemos a la cuantía mínima, para realizar un predimensionado y ejecutar el cálculo.

Atendiendo al artículo 44.2.3.4.1 de la EHE-08, obtenemos la cuantía mínima que cumple:

$$\sum \frac{A_{\alpha} f_{y\alpha,d}}{\sin \alpha} \geq \frac{f_{ct,m}}{7,5} b_0$$

$$b_0 = b - \eta \sum \phi \quad , \eta = 0.5$$

Sección:

$$b_0 = (0.55 - 0.5 \cdot (3 \cdot 0.015)) = 0.527 \text{ m}$$

$$A_{\alpha} \geq \frac{3,51 \cdot 0,527}{7,5 \cdot 400} = 0,00062 \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

tenemos un área mínima por unidad de longitud de: 6,2 cm<sup>2</sup>/m

Calculamos la máxima separación entre cercos, St, tomando cercos de Ø12:

$$6,2 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \leq \frac{4 \text{ ramas} \cdot 0,78 \text{ cm}^2}{St} \rightarrow St \leq 0,5 \text{ m}$$

Cumplimos con la cuantía mínima disponiendo **un cerco en cada alma (2 ramas por cerco, 4 ramas en sección) de Ø10 a 30 centímetros (separación máxima).**

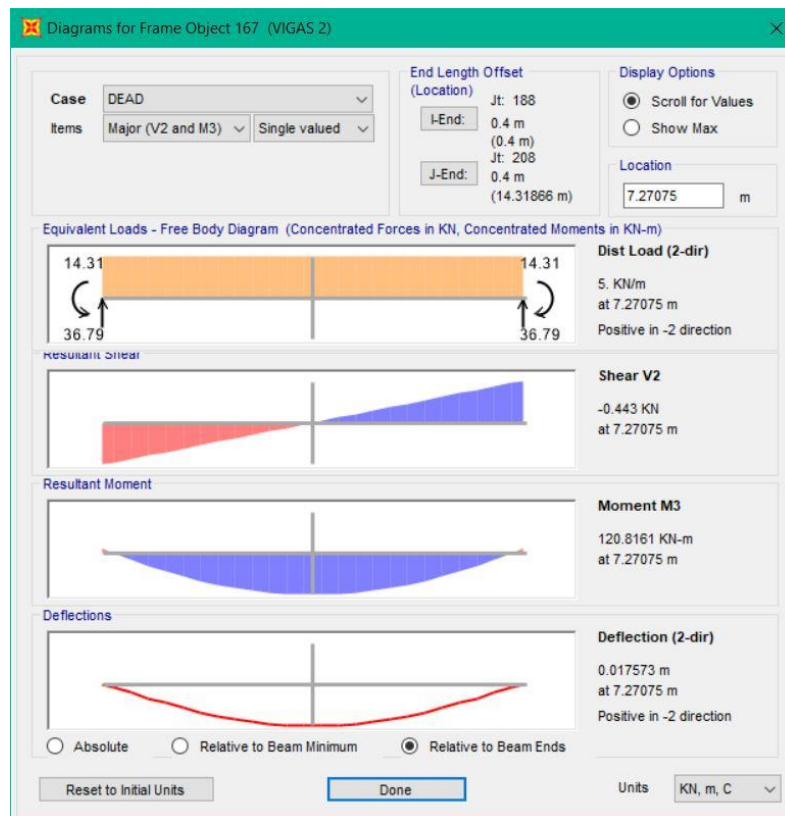
### 3.3 Vigas de cubierta (TIPO 3)

#### CÁLCULO FUERZA DE PRETENSADO. DIAGRAMA MAGNEL

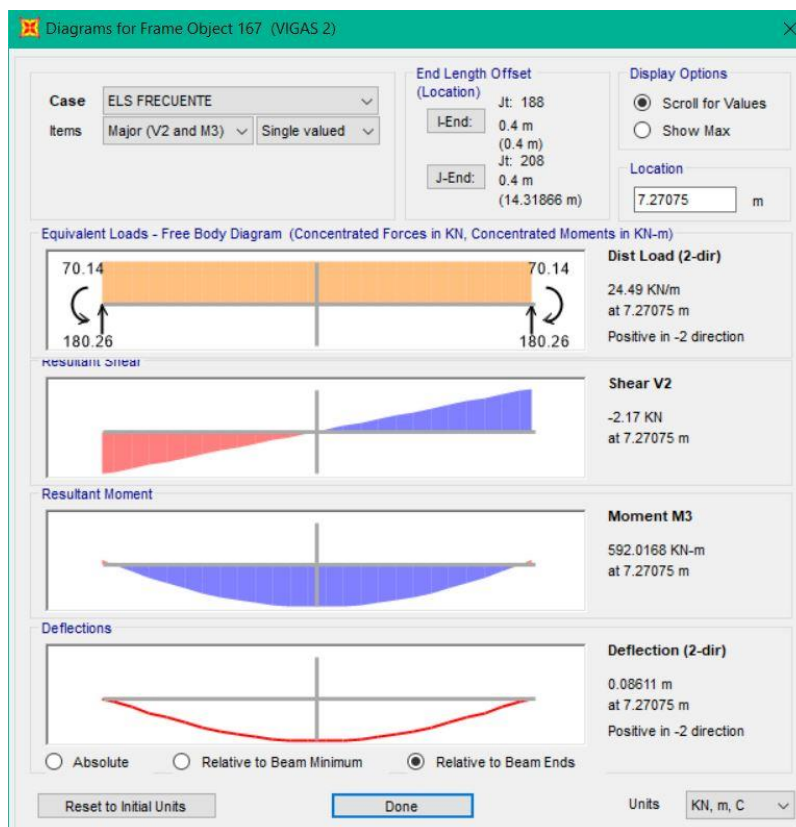
Tras realizar el primer análisis tenemos como resultado unos esfuerzos flectores a lo largo de la estructura. Estos flectores son los que emplearemos en el diagrama de Magnel, con el objetivo de obtener una primera estimación del pretensado.

Con esta primera estimación, introducimos en el modelo un número de cordones (dado por la sección más crítica, es decir, aquella que necesite más área de pretensado para cumplir con los requisitos tensionales), y la acción de pretensado.

Los valores de momentos flectores de peso propio son:



Los valores de momentos flectores de combinación de ELS Frecuente son:



Con estos valores realizamos el diagrama de Magnel:

Area de la viga	$A_v := 0.2\text{m}^2$
Posición del centro de gravedad	$H_{cg} := 0.25\text{m}$
Inercia de la viga	$I_f := 0.0042\text{m}^4$
Distancia de la fibra inferior al baricentro	$v_1 := H_{cg} = 0.25\text{ m}$
Distancia de la fibra superior al baricentro	$v_2 := -0.25\text{m}$
Módulo resistente de la fibra traccionada	$Z_1 := \frac{I_f}{v_1} = 1.68 \times 10^4 \cdot \text{cm}^3$
Módulo resistente de la fibra comprimida	$Z_2 := \frac{I_f}{v_2} = -1.68 \times 10^4 \cdot \text{cm}^3$
Coeficiente K1	$k_1 := \frac{Z_1}{A_v} = 0.084\text{ m}$
Coeficiente K2	$k_2 := \frac{Z_2}{A_v} = -0.084\text{ m}$
Longitud de la viga	$L_v := 15.4\text{m}$

#### Límites tensionales:

Tensión máxima de compresión en la transferencia	$\sigma_{ct} := 0.6 \cdot 40\text{MPa} = 24 \cdot \text{MPa}$
Tensión máxima de tracción en la transferencia	$\sigma_{tt} := 0\text{MPa}$
Tensión máxima de compresión en servicio	$\sigma_{cw} := 24\text{MPa}$
Tensión máxima de tracción en servicio	$\sigma_{tw} := 0\text{MPa}$

#### Datos de Tesado:

Tensión de rotura del acero	$f_{pmax} := 1860\text{MPa}$
Porcentaje de tesado	$r_t := 75\%$
Coeficiente de pérdidas	$R_p := 80\%$

#### Esfuerzos en la sección central:

Momento en la transferencia	$M_t := 120.82\text{m} \cdot \text{kN}$
Momento de servicio	$M_w := 592.02\text{m} \cdot \text{kN}$

### Fuerzas de tesado:

Tesado inicial

$$P_0 := \frac{1}{\text{inv}P_0} = 3685.744 \cdot \text{kN}$$

$$A_p := \frac{P_0}{r_t \cdot f_{p\max}} = 2.642 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_{\text{cor}} := \frac{A_p}{A_{\text{puni}}} = 18.872$$

Elegimos  $n_{\text{cord}} := (19)$

$$P_{0d} := n_{\text{cord}} \cdot A_{\text{puni}} \cdot r_t \cdot f_{p\max} = 3.711 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$P_w := R_p \cdot P_{0d} = 2.969 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$e_I \left( \frac{1}{P_{0d}} \right) = 0.117 \text{ m} \quad e_{IV} \left( \frac{1}{P_{0d}} \right) = 0.115 \text{ m}$$

Con los valores de fuerza de pretensado que obtenemos y con la excentricidad, decidimos colocar **19 cordones de 15,2mm en una vaina de 110 mm con una excentricidad máxima de 0.115 m.**

### CÁLCULO ARMADURA PASIVA

Para calcular la armadura longitudinal a flexión, partimos del artículo 42.3.2 de la EHE-08 sobre la cuantía mínima de armadura longitudinal, que sigue la expresión:

$$A_p f_{pd} \frac{d_p}{d_s} + A_s f_{yd} \geq \frac{W_1}{z} f_{ct,m,fl} + \frac{P}{z} \left( \frac{W_1}{A} + e \right)$$

donde interviene la armadura pasiva,  $A_s$ , y la armadura activa de pretensado,  $A_p$ .

Poseemos una armadura activa de:

$$A_p = 2642 \text{ mm}^2$$

Si cumpliéramos el requisito anterior con esta armadura únicamente, podríamos obviar una armadura pasiva adicional para resistencia a flexión. Comprobamos esto:

$$W1 = \frac{I}{V1} = 0,0168 \text{ m}^3$$

$$z = 0,8 h = 0.4 \text{ m}$$



$$dp = 0.45 \text{ m}$$

$$A = 0.2 \text{ m}^2$$

$$e = 0.22 \text{ m}$$

$$P = P_o - P_{inst} = 2948,5 \text{ KN}$$

$$f_{ct, m, fl} \cong 4.5 \text{ MPa}$$

Se verifica la expresión:

$$3567,6 > 2240,86 \text{ kN}$$

Se comprueba que con la armadura activa es suficiente para cumplir el ELU, de modo que no dispondremos de armadura activa longitudinal adicional.

Para la definición de la armadura transversal atenderemos a la cuantía mínima, para realizar un predimensionado y ejecutar el cálculo.

Atendiendo al artículo 44.2.3.4.1 de la EHE-08, obtenemos la cuantía mínima que cumple:

$$\sum \frac{A_{\alpha} f_{y\alpha, d}}{\sin \alpha} \geq \frac{f_{ct, m}}{7,5} b_0$$

$$b_0 = b - \eta \sum \phi \quad , \eta = 0.5$$

Sección:

$$b_0 = (0.4 - 0.5 \cdot (0.11)) = 0.345 \text{ m}$$

$$A_{\alpha} \geq \frac{3,51 \cdot 0,345}{7,5 \cdot 400} = 0,00041 \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

tenemos un área mínima por unidad de longitud de: 4,1 cm<sup>2</sup>/m

Calculamos la máxima separación entre cercos, St, tomando cercos de Ø10:

$$4,1 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \leq \frac{2 \text{ ramas} \cdot 0,78 \text{ cm}^2}{St} \rightarrow St \leq 0,38 \text{ m}$$

Cumplimos con la cuantía mínima disponiendo **un cerco en cada alma (2 ramas por cerco) de Ø10 a 30 centímetros (separación máxima).**

### 3.4 Vigas de rampa (TIPO 4)

Calculamos la capacidad mecánica del hormigón.

$$U_0 = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot b \cdot d$$

$$U_0 = \frac{40.000}{1,5} \cdot 0,50 \cdot 0,35 = 6533,33 \text{ KN}$$

- Cuantías Geométricas Mínimas**

Según la normativa EHE:

Cuantías geométricas mínimas, en tanto por 1.000, referidas a la sección total de hormigón

Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		B 400 S	B 500 S
	Pilares	4,0	4,0
	Losas (*)	2,0	1,8
	Vigas (**)	3,3	2,8
Muros (***)	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

(\*) Cuantía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Las losas apoyadas sobre el terreno requieren un estudio especial.

(\*\*) Cuantía mínima correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura igual al 30% de la consignada.

(\*\*\*) La cuantía mínima vertical es la correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada. La armadura mínima horizontal deberá repartirse en ambas caras. Para muros vistos por ambas caras debe disponerse el 50% en cada cara. Para muros vistos por una sola cara podrán disponerse hasta 2/3 de la armadura total en la cara vista. En el caso en que se dispongan juntas verticales de contracción a distancias no superiores a 7,5 m, con la armadura horizontal interrumpida, las cuantías geométricas horizontales mínimas pueden reducirse a la mitad.

$$C.g.m_t = \frac{2,8}{1000} \cdot 2200 = 6,16 \text{ cm}^2 \quad \square \quad \mathbf{6 \text{ } \varnothing \text{ } 12} \text{ (6,78 cm}^2\text{)}$$

$$C.g.m_c = 30\% \quad C.g.m_t = 1,84 \text{ cm}^2 \quad \square \quad \mathbf{2 \text{ } \varnothing \text{ } 12} \text{ (2,26 cm}^2\text{)}$$

Estrictamente cumplimos con los requisitos indicados en el NCSE-02 y la EHE-08 para el caso que nos ocupa.

De las distintas disposiciones y vigas tenemos un esquema de armado particular en cada caso, que veremos según se exponga.

- Armadura de montaje**

La armadura de montaje será aquella que cumpla ciertas condiciones, tales como:

- La sección para la cual ha de servir tiene que ser superior a la calculada por cuantía geométrica mínima).

- Constructivamente ha de ser al menos  $2\phi 12$

Finalmente colocamos como armadura de montaje aquellas que cumplen las exigencias expuestas, referenciadas en el apartado anterior, pues son las que cumplen con la sección de cuantía geométrica mínima.

- **Momento que soporta la CGM**

Utilizamos un método gráfico para armar los pórticos, basado en trazar líneas sobre las envolventes de flectores, que indican los esfuerzos absorbidos por las armaduras colocadas.

Para esto, hemos de saber cuánto momento absorbe la armadura de caja colocada.

$$A_{s1} = \frac{U_{s1}}{f_{yd}} = \frac{\omega \cdot U_0}{f_{yd}}$$

$$\omega = \xi = \frac{A_{s1} \cdot f_{yd}}{U_0} \rightarrow \xi = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$\mu = \frac{1 - (1 - \omega)^2}{2}$$

$$M_d = \mu \cdot U_0 \cdot d$$

$$A_{s1} = 6,78 \text{ cm}^2 \rightarrow \omega = \frac{6,78 \cdot 50/1,15}{6533,33} = 0,045 \rightarrow \mu = \frac{1 - (1 - 0,045)^2}{2} = 0,0$$

$$\rightarrow M_d = 0,0441 \cdot 6533,33 \cdot 0,35 = 100,84 \text{ kn} \cdot \text{m}$$

$$A_{s2} = 2,26 \text{ cm}^2 \rightarrow \omega = \frac{2,26 \cdot 50/1,15}{6533,33} = 0,015 \rightarrow \mu = \frac{1 - (1 - 0,015)^2}{2} = 0,015$$

$$\rightarrow M_d = 0,015 \cdot 6533,33 \cdot 0,35 = 34,13 \text{ kn} \cdot \text{m}$$

Conociendo estos valores, los trasladamos a las envolventes de momentos, y hallamos los refuerzos, así como las longitudes estrictas.

- **Armadura de refuerzo**

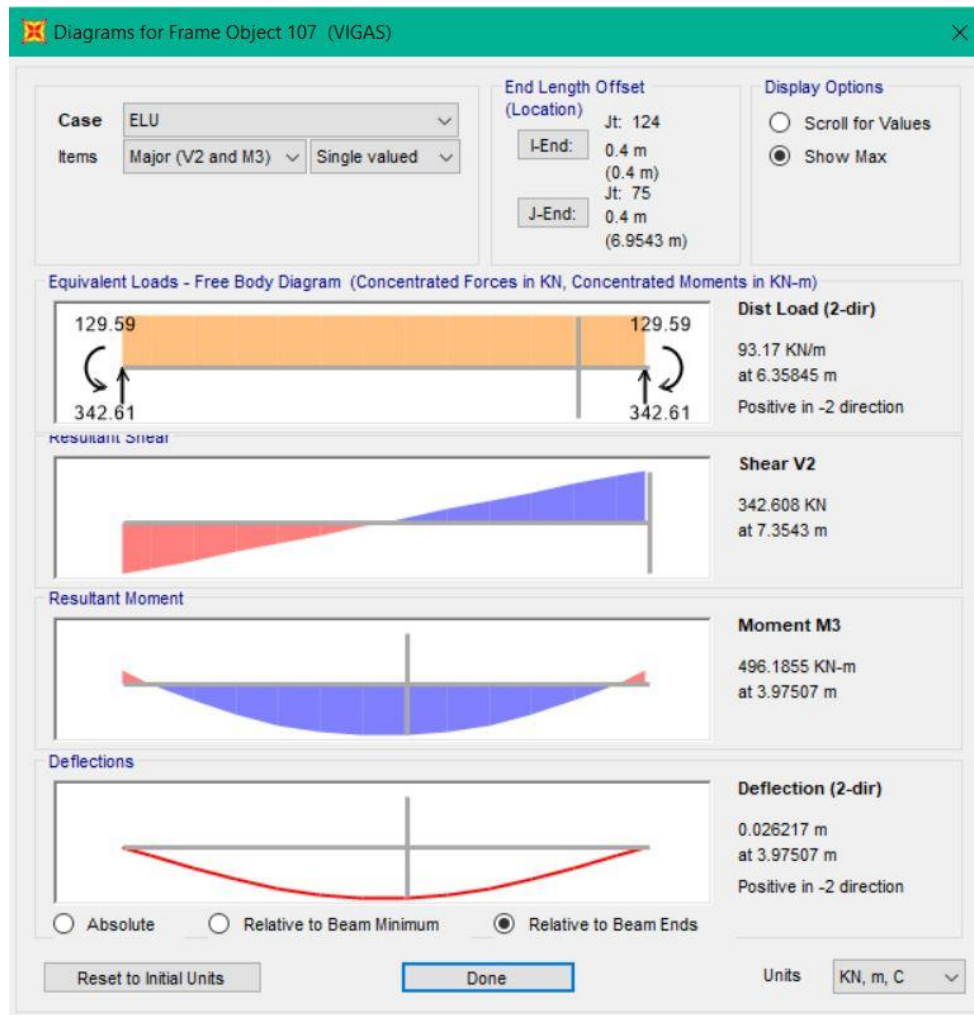
Al calcular el momento que soporta la cuantía geométrica mínima de cada viga (tanto para tracción como compresión) podemos saber los puntos en los que los esfuerzos máximos de las distintas vigas son superiores y por tanto necesitan refuerzo.

$$M_d = \mu \cdot U_0 \cdot d \rightarrow \mu = \frac{M_d}{U_0 \cdot d}$$

$$\omega = \xi = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$A_{s1} = \frac{U_{s1}}{f_{yd}} = \frac{\omega \cdot U_0}{f_{yd}}$$

➤ Refuerzos Momentos Positivos (vanos)



$$M_d^+ = 496,4 \text{ kn} \cdot \text{m} \rightarrow \mu = \frac{496,4}{6533,33 \cdot 0,35} \approx 0,217 \rightarrow \omega = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,217} \approx 0,25$$

$$\rightarrow A_{s1} = \frac{0,25 \cdot 6533,33}{50/1,15} \approx 37,23 \text{ cm}^2 \quad (-6,78 \text{ cm}^2) = 30,45 \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{7 \text{ } \varnothing \text{ 25 (34,37 cm}^2\text{)}}$$

➤ Refuerzos Momentos Negativos.

No es necesario ya que al ser biapoyada no tenemos momento negativo, bastaría con la cuantía geométrica mínima

- **Armadura transversal**

Para saber si el hormigón de la viga soporta los esfuerzos cortantes a los que está sometido hay que hacer dos comprobaciones. Para ello, tenemos que conocer qué armaduras longitudinales a flexión se van a disponer, de ahí que se haya realizado ese cálculo previamente.

Si el hormigón necesita ser reforzado a cortante, se realizará con la disposición de los cercos a una distancia que dependerá de las siguientes comprobaciones.

Para la elección de dichos cercos tenemos en cuenta que como mínimo los redondos han de ser  $1/4 \phi_{Long}$ , siendo  $\phi_{Long}$  la armadura longitudinal traccionada de la viga. Éstas se han dispuesto en la viga con redondos del 25:

$$\phi_{trans.} = 1/4 \cdot 25 = 6,25mm$$

Serían pues como mínimo cercos Ø8; decidimos poner Ø8 **en dos ramas**, para mejorar la resistencia y permitir una mayor separación de las armaduras.

Las comprobaciones son:

$$V_d \leq V_{u1} \rightarrow V_{u1} = 0,3 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d$$

$$V_{u1} = 0,3 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d = 0,3 \cdot \frac{40.000}{1,5} \cdot 0,70 \cdot 0,35 = 1960 \text{ kN}$$

Esto es la comprobación por compresión oblicua del alma.

Todos los cortantes mayorados a cada de pilar son inferiores a este valor, por lo tanto, no es necesario calcular ningún  $V_d$

$$\begin{aligned}
 - \quad V_d \leq V_{u2} \rightarrow V_{u2} = V_{Smin} + V_{cu} \quad & \left\{ \begin{aligned} V_{Smin} &= 0,12 f_{ct,m} \cdot b d = 0,12 \cdot (0,3 \sqrt[3]{f_{ck}^2}) \cdot b \cdot d \\ V_{cu} &= \frac{0,15}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})} \cdot b \cdot d \\ \xi &= 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} < 2 \text{ (d en mm)} \quad ; \quad \rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \end{aligned} \right. \\
 - \quad S_T &= \frac{0,9 \cdot d \cdot n \cdot a_s \cdot f_{yd}}{V_{Smin}}
 \end{aligned}$$

Este será el cortante que absorba la armadura transversal mínima de la viga en las zonas centrales de las mismas.

$$V_d = V_{cu} + V_{Smin} \rightarrow V_{Smin} = V_d - V_{cu}$$

$V_d = \text{Cortante de cálculo obtenido en diagramas}$

$$\begin{aligned}
 - \quad V_{u1} &= 0,3 \cdot \frac{40.000}{1,5} \cdot 0,70 \cdot 0,35 = 1960 \text{ kN} & \xi = \\
 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} &= 1 + \sqrt{\frac{200}{350}} = 1,76
 \end{aligned}$$

$$- V_{u2} = V_{smin} + V_{cu}$$

$$V_{smin} = 0,12 \left( 0,3 \sqrt[3]{40^2} \right) \cdot 700 \cdot 350 = 103,15 kn$$

$$S_T = \frac{0,9 \cdot 35 \cdot (2 \cdot 0,5) \cdot 40}{103,15} \approx 15 \text{ cm}$$

El hormigón en las zonas centrales de esta sección absorbe:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{34,37 + 6,788}{70 \cdot 35} = 0,016$$

$$V_{cu} = \frac{0,15}{1,5} \cdot 1,76 \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot 0,016 \cdot 40)} \cdot 700 \cdot 355 \approx 128,092 \text{ kn}$$

$$V_d = V_{cu} + V_{smin} = 128,092 + 103,15 = 231,24 \text{ kn}$$

Todas las zonas de la viga con un cortante inferior a este valor se armarán con cuantía mínima.

Armamos las zonas cercanas a nudos a continuación. Para ellos truncaremos las envolventes de cortantes una longitud igual al canto útil  $d$  de la viga (no se añade el 0,5 del pilar ya que la ley es a cara) y decalaremos la ley una longitud igual al 50% del canto total  $h$

$$V_d = 342,60 \text{ kn}$$

$$\left[ \rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{6,78 + 2,26}{70 \cdot 35} \right] = 0,0036$$

$$V_{cu} = \frac{0,15}{1,5} \cdot 1,76 \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot 0,0036 \cdot 40)} \cdot 700 \cdot 355 \approx 104,90 \text{ kn}$$

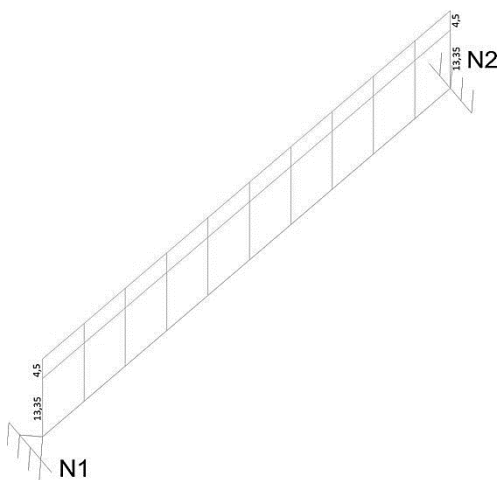
$$V_{su} = 342,60 - V_{cu} = 237,7 \text{ kn}$$

$$S_T = \frac{0,9 \cdot 35 \cdot (2 \cdot 0,5) \cdot 40}{237,7} \approx 5 \text{ cm}$$

### 3.5 Vigas de escalera

Partimos del análisis de la estructura:

- Hormigón                    HA-30/P/20/IIa
- Acero                        B-500S
- $F_{cd}$                         30.000/1,5 (KN/m<sup>2</sup>)
- $F_{yd}$                         500.000/1,15 (KN/m<sup>2</sup>)
- Nivel de control        Normal
- Losa                         150 x 22 cm
- Ductilidad                Baja



### • Cargas losa escalera

#### - Cargas Permanentes.

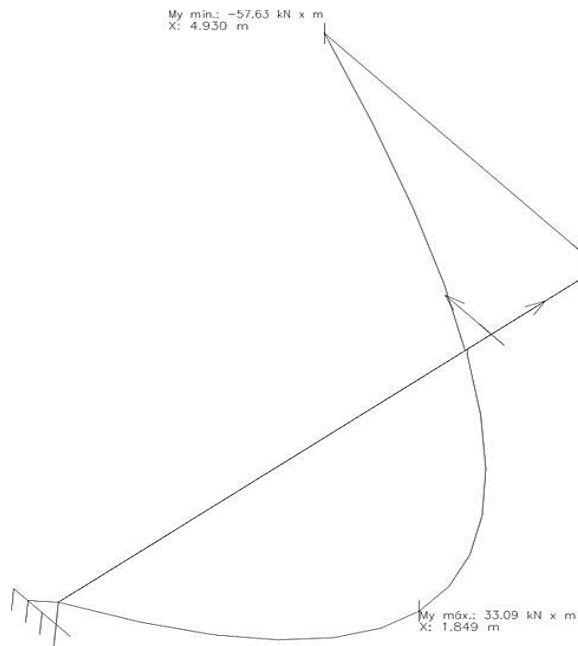
- Losa de hormigón armado  $e=0,22$  m ( $25 \text{ KN/m}^3 \times 0,22$  m)..... 5,5 KN/m<sup>2</sup>
- Pavimento cerámico, grueso total  $< 0,08$  m..... 0,8 KN/m<sup>2</sup>
- Peldañado, grupo total  $< 0,15$  m..... 1,5 KN/m<sup>2</sup>
- TOTAL..... 7,8 KN/ m<sup>2</sup>

#### - Cargas Variables.

- Uso (categoría C1)..... 3 KN/m<sup>2</sup>

### • Datos previos.

Para el cálculo de esfuerzos realizamos un esquema simplificado de la escalera en el programa Sap2000, que nos proporcionará una idea clara del funcionamiento de la losa de escalera, así como los esfuerzos a los que está sometida. Éstos serán necesarios para la comprobación de armaduras necesarias a disponer en ella.



Además, es necesario calcular el canto útil de la losa, de cara a los distintos cálculos a realizar en epígrafes posteriores.

- $R_{nom} = r_{min} + \Delta r = 25 \text{ mm}$  (tabla 37.2.4.1.a EHE-08)

- El canto real de la losa será

$$H = d + d' \quad \text{siendo:}$$

$d$  = canto útil

$d'$  = recubrimiento mecánico, determinado por  
 cerco +  $1/2 \phi$  armaduras =  $25 + 8 + 1/2 \cdot 12 = 39 \text{ mm}$

$$d = H - d' = 22 - 3,9 = 18,1 \text{ m}$$

Calculamos la capacidad mecánica del hormigón

$$U_0 = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot b \cdot d = \frac{30.000}{1,5} \cdot 1,50 \cdot 0,181 = 5430 \text{ KN}$$

- **Cuantía Geométrica Mínima**

$$C.g.m_t = 1,8 / 1000 \cdot 150 \cdot 22 = 5,94 \text{ cm}^2 - 6 \phi 12 (6,79 \text{ cm}^2)$$

$$C.g.m_c = 30\% \quad C.g.m_t = 1,78 \text{ cm}^2 \quad - 2 \phi 12 (2,26 \text{ cm}^2)$$

- **Momento que soporta la CGM**

$$A_{s1} = \frac{U_{s1}}{f_{yd}} = \frac{\omega \cdot U_0}{f_{yd}}$$

$$\rightarrow \omega = \xi = \frac{A_{s1} \cdot f_{yd}}{U_0} \rightarrow \xi = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$\rightarrow \mu = \frac{1 - (1 - \omega)^2}{2} \rightarrow M_d = \mu \cdot U_0 \cdot d$$

$$A_{s1} = 6,79 \text{ cm}^2 \rightarrow \omega = \frac{6,79 \cdot 50 / 1,15}{5430} = 0,062 \rightarrow \mu = \frac{1 - (1 - 0,058)^2}{2} = 0,060$$

$$\rightarrow M_d = 0,060 \cdot 5430 \cdot 0,171 = 58,96 \text{ kn}$$

- **Armadura de caja.**

La armadura de caja que vamos a disponer debe ser  $C.g.m_t = 5,94 \text{ cm}^2$

Siendo una losa de 1,5 m y para que cumpla que  $S_T \leq 30 \text{ cm}$ , necesitaríamos colocar  $5\phi 12$ . Puesto que la armadura necesaria es mayor, **distribuimos**  $6\phi 12$  ( $6,79 \text{ m}^2$ )

Esta armadura ha de ser capaz de soportar los momentos flectores a los que se ve sometida la losa. Para comprobar este hecho, hemos calculado previamente el momento que soporta la cuantía geométrica mínima.



$$M_d = 58,96 \text{ kn}$$

- **Armadura transversal (Cercos).**

Para saber si el hormigón de la viga soporta los esfuerzos cortantes a los que está sometido hay que hacer dos comprobaciones. Para ello, tenemos que conocer que armaduras longitudinales a flexión se van a disponer, de ahí que se haya realizado ese cálculo previamente.

Si el hormigón necesita ser reforzado a cortante, esto se realiza con la disposición de los cercos a una distancia que dependerá de las comprobaciones que se realicen a continuación.

Para la elección de dichos cercos tenemos en cuenta que como mínimo los redondos han de ser  $1/4 \phi_{Long}$ , siendo  $\phi_{Long}$  la armadura longitudinal traccionada de la viga. Éstas se han dispuesto en la viga con redondos del 20:

$$\phi_{trans.} = 1/4 \cdot 12 = 3 \text{ mm}$$

Serían pues como mínimo cercos  $\phi 6$ ; sin embargo, decidimos poner  **$\phi 8$  en dos ramas**, para mejorar la resistencia y permitir una mayor separación de las armaduras.

Realizamos las mismas comprobaciones que en vigas, a saber:

$$- \quad V_d \leq V_{u1} \rightarrow V_{u1} = 0,3 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d = 0,3 \cdot \left( \frac{30.000}{1,5} \right) \cdot 1,5 \cdot 0,181 = 1620 \text{ kn}$$

Todos los cortantes mayorados a cada de pilar son inferiores a este valor, por lo tanto no es necesario calcular ningún  $V_d$

$$V_d \leq V_{u2} \rightarrow V_{u2} = V_{Smin} + V_{cu}$$

$$V_{Smin} = 0,018 f_{cd} \cdot b d = 0,018 \cdot 20000 \cdot 1,5 \cdot 0,181 = 97,2 \text{ kn}$$

$$V_{cu} = \frac{0,15}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})} \cdot b \cdot d =$$

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{181}} = 2,05 \neq 0,02$$

$$\rho = \frac{6\phi 12}{b \cdot d} = 0,0025$$

$$V_{cu} = \frac{0,15}{1,5} \cdot 0,02 \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot 0,0025 \cdot 30)} \cdot 1500 \cdot 181 = 1062 \text{ kn}$$

Para el cálculo de separación de estribos, determinamos que pondremos  **$\phi 8$  en 4 ramas**, lo cual es posible gracias al número de redondos dispuestos en la armadura longitudinal.

$$- \quad S_{min} = \frac{0,9 \cdot d \cdot n \cdot a_s \cdot f_{yd}}{V_{Smin}} = \frac{0,9 \cdot 18,1 \cdot 4 \cdot 0,5 \cdot 40}{97,2} \approx 13,40 \text{ cm}$$

Los cortantes a los que está sometida la viga son menores al valor que resiste la losa, por lo que el estribado será el mínimo calculado anteriormente en toda su dimensión.

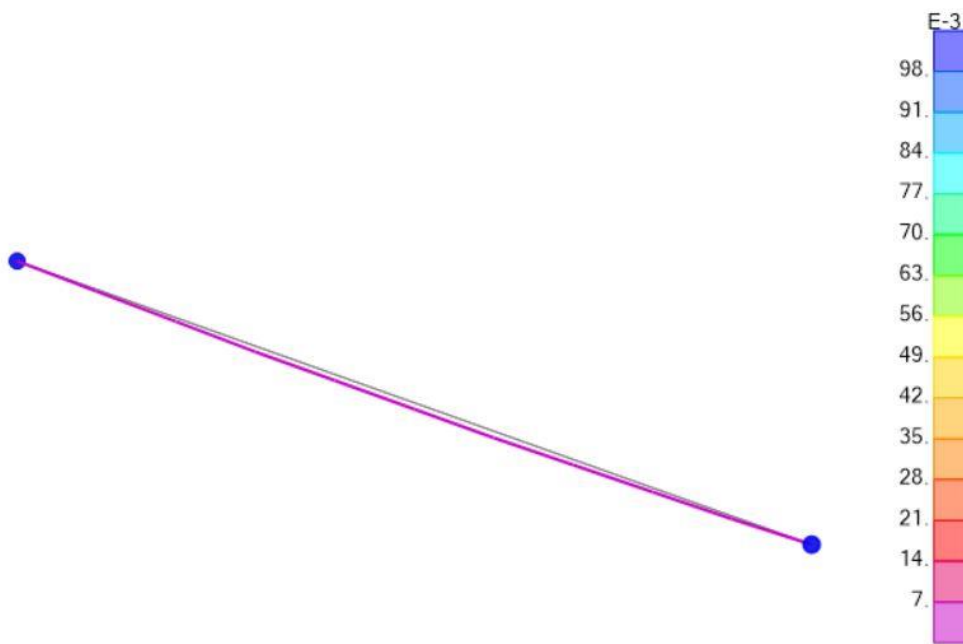
#### 4. Comprobación ELS

Estudiamos dos luces críticas (*limitación flecha L/250 viene del CTE*)

- $L = 7,45 \text{ m}$  ; viga de forjado con mayor luz, la flecha total admisible según, la **EHE Artículo 50.2.** debe ser la más restrictiva de:

$$< \frac{L}{250} \text{ ó } < \frac{L}{500} + 1 \text{ cm } f_T \leq 2,24 \text{ cm}$$

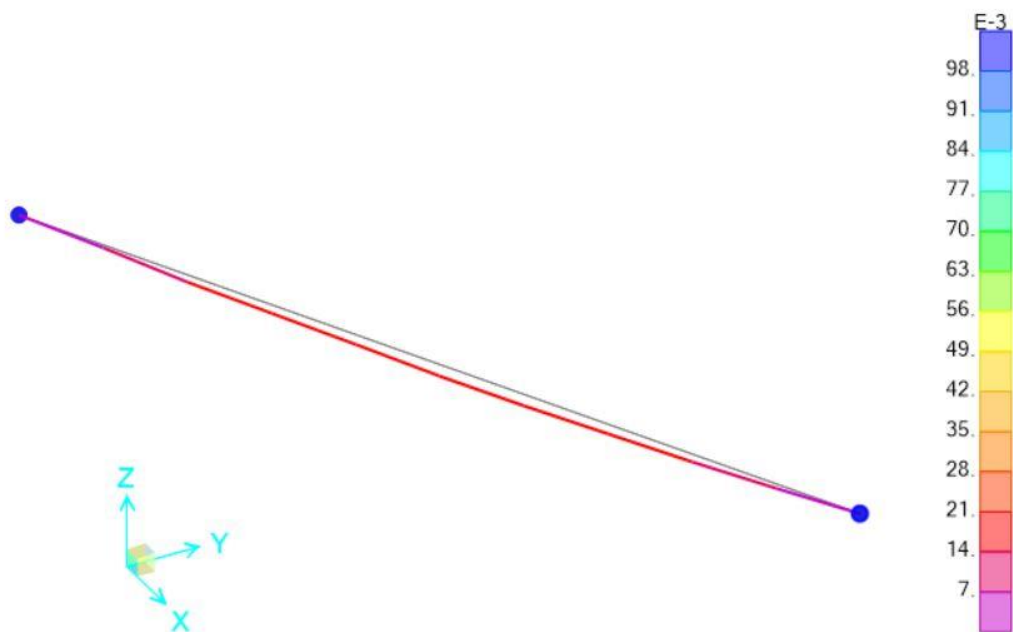
Estudiamos las flechas que se producen en todas las vigas con esta luz, con la ayuda del programa informático, y resulta que la deformación máxima es de 7mm por tanto, cumple con las restricciones.



- $L = 15,66 \text{ m}$  (luz máxima); que se trata del vano del vuelo; la flecha total admisible según la **EHE Artículo 50.2.** debe ser la más restrictiva de:

$$< \frac{L}{250} \text{ ó } < \frac{L}{500} + 1 \text{ cm } f_T \leq 4,13 \text{ cm}$$

Estudiamos las flechas que se producen en todas las vigas con esta luz, con la ayuda del programa informático, y resulta que la deformación máxima es de 21 mm por tanto, cumple con las restricciones.



## 5. Armado de forjado

Datos del forjado:

- Forjado de 30+5 cm
- Hormigón HA-40/P/20/IIa
- Acero B500S
- Control Normal
- Sometido a acciones dinámicas. Situación transitoria, persistente y sísmica.

Al haber predimensionado y cumplir al Artículo 50 de la EHE-08, no tenemos que comprobar Estados Límites de Servicio.

Sí tendremos que calcular Estados Límites Últimos para el forjado unidireccional.

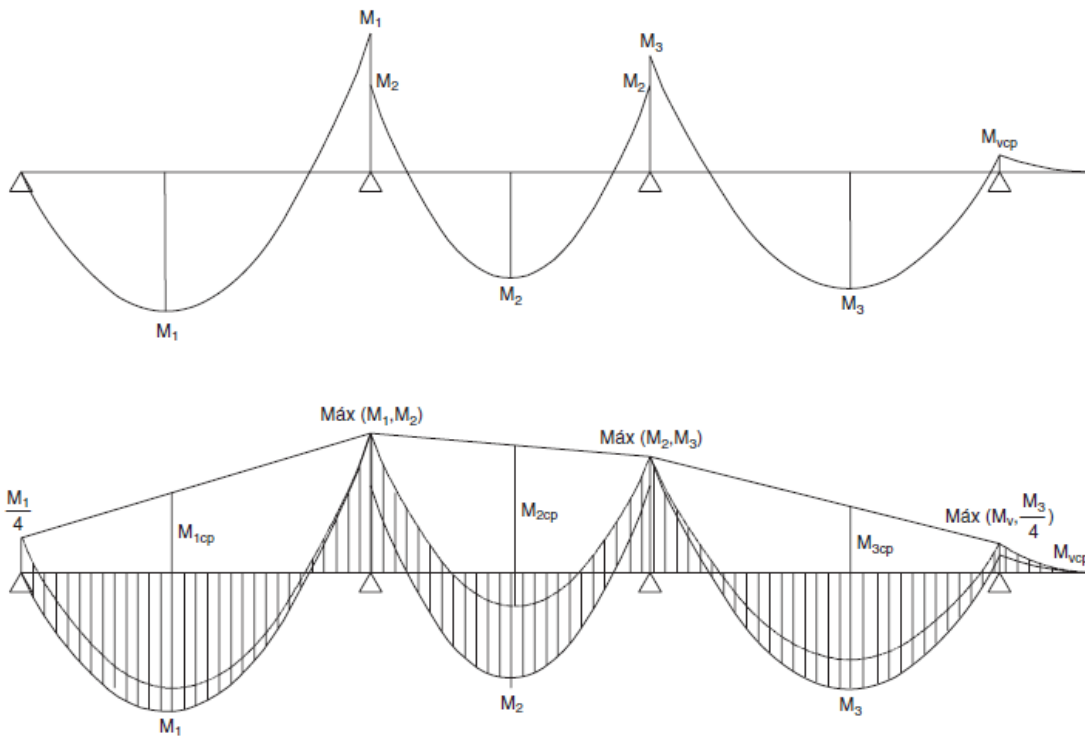
Para Estado Límites Últimos tendremos que comprobar:

- $M_d^+$  Indicados en el plano
- $M_d^-$  Cálculo de la armadura para soportar el momento
- Cortante zonas de refuerzo a cortante

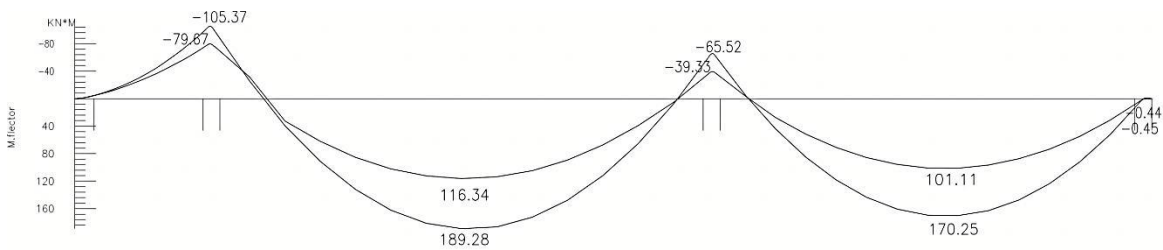
Para el cálculo de leyes de esfuerzos se utiliza el método simplificado para la redistribución de esfuerzos en forjados que se cita en la **EHE-08, anejo 12**.

En este mismo anejo se indica que la carga de peso propio en esfuerzos de placas alveolares se considerará como biapoyada, siendo el resto de las cargas continuas en los apoyos.

Calculamos los momentos a partir de los cuales obtendremos la envolvente de momentos; con estos valores superponemos ambos diagramas y nos quedamos con los datos más desfavorables.



**Elegimos el más desfavorable para realizar los cálculos:**



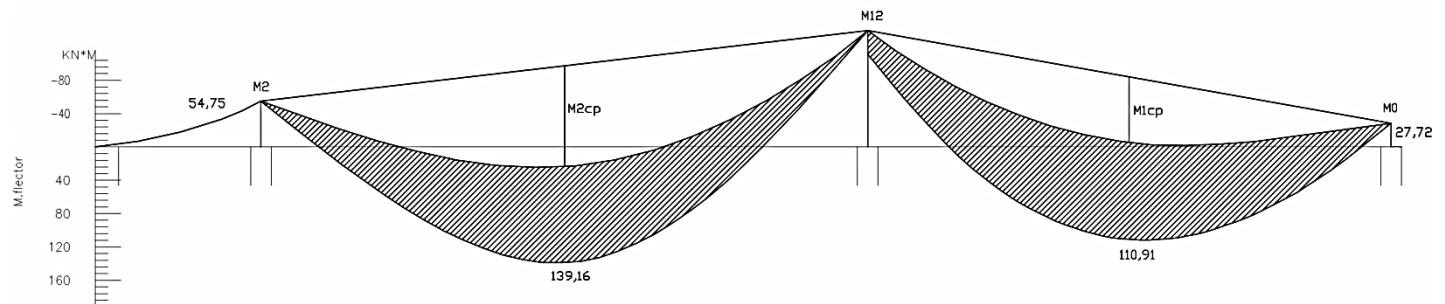
$$M_0 = 0 \text{ kN.m}$$

$$M_1 = (1,5 - \sqrt{2}) \cdot p \cdot L^2 = 110,91 \text{ kN.m}$$

*Calculamos los momentos referentes a la envolvente:*

$$M_{12} = 139,16 \text{ kN.m}$$

$$M_2 = \text{Max} \left( M_v, \frac{M_2}{4} \right) = M_v = 54,45 \text{ kN.m}$$



## ESQUEMA DE ARMADO

En el cálculo de armaduras se reforzarán aquellas secciones con momentos negativos. Esta armadura tendrá que ser capaz de aguantar el  $M_d^-$  y como mínimo según la **EHE-08** deberá absorber el 25% del momento principal  $M_d^-$ .

A continuación, presentamos las tablas que recogen los valores máximos negativos para armar la placa alveolar.

- Datos Previos:

$$b = 1,2 \text{ m}$$

$$d = 0,31 \text{ m}$$

$$U_0 = f_{cd} \cdot b \cdot d = 11.200 \text{ kN}$$

$$\mu = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2}$$

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{cd}}$$

Momento (kN.m)	139,16
$\mu$	0,026
$\omega$	0,026
$A_s$	5,06
$A_s \phi$	4 $\phi$ 12

Colocamos **1Ø12 cada 30 cm.**

Para limitar las fisuraciones producidas en el forjado, decidimos disponer un mallazo de reparto en la capa de compresión del mismo.

El mallazo de reparto que se va a colocar en la estructura será homogéneo en toda ella, ya que los cantos de forjados utilizados son los mismos en todos los niveles.

Seguiremos indicaciones del **art.59.2.2 de la EHE-08**, donde se nos da una cuantía mínima de sección de armadura para cada dirección.

Tenemos que tener en cuenta para esto las limitaciones marcadas por la instrucción EHE-08, que indica:

- Separaciones menores a 35 cm
- Sección mínima  $\phi 4$
- En losas:  $c. g. m. \rightarrow 1,8 \text{ ‰}$

Según dicho artículo, el mallazo de reparto mínimo será:

$$c. g. m. = 1,8 \text{ ‰} \quad \cdot 1 \cdot 0,1 = 0,18 \text{ cm}^2$$

Es decir, de sección de armadura en cada dirección.

Para cubrir esta cuantía, en cada dirección se podría colocar:

- $\phi 5$  cada 20 cm
- $\phi 8$  cada 30 cm

Nos decantaremos por colocar un mallazo de reparto electrosoldado de  **$\phi 5$  cada 20 cm** en ambas direcciones.

## LONGITUDES DE ANCLAJE.

Lo dispuesto a continuación viene referido a los valores establecidos en el **art. 69.5.2.** de la **EHE-08.** (el cálculo es similar al de vigas)

Se tendrá en cuenta que:

- En apoyo extremo la armadura se extenderá desde la cara exterior del apoyo en una longitud no menor que el décimo de la luz, más el ancho de apoyo.
- En apoyo extremo se anclará en patilla con longitud de anclaje necesaria.
- En apoyo interior el anclaje será como mínimo  $0,3L_e$ .

Para  $\phi 16 \rightarrow lb_{II} = 57 \text{ cm}$

$$lb_{neta} = lb_I \cdot \beta \cdot \left( \frac{A_{nec}}{A_{real}} \right) \quad \text{donde } \beta = 1 \text{ (prolongación recta) Tabla 66.5.2b.}$$

$$lb_{neta}(\phi 16) = 57 \cdot 1 \cdot \left( \frac{A_{nec}}{A_{real}} \right)$$

<b>Momento <math>M</math></b>	<b>Armadura necesaria</b>	<b>Redondos</b>	<b>Armadura actual</b>	<b>Longitud anclaje</b>
<i>139,16 Kn·m</i>	5,06 cm <sup>2</sup>	<b>3 ø 16</b>	<b>6,03 cm<sup>2</sup></b>	<b>150cm</b>

La armadura también tiene prolongación en patilla por tanto multiplicaríamos su longitud de anclaje por 0,7 y nos daría un resultado de 40 cm.

## ANEJO 6. PRESUPUESTO

A continuación, se va a realizar un presupuesto aproximado de la estructura y la envolvente del edificio de aparcamientos.

Se han realizado mediciones de la cimentación, pilares, vigas, cerramiento y cubierta.

En los costes está incluido en acero pasivo y activo de las vigas y pilares. La mano de obra está incluida en todos los precios.

En la tabla siguiente se detallan las mediciones, el coste unitario de la unidad de obra y el coste total.

UD DE OBRA	MEDICIÓN	COSTE UNITARIO UD DE OBRA	PRECIO TOTAL EN EUROS
<i>m3 EXCAVACIÓN CIMENTACIÓN</i>	2108	9,5	20.026,00 €
Excavación en zanjas, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.			
<i>m3 RELLENO Y COMPACTACIÓN</i>	1318	33,4	44.021,20 €
Relleno, extendido y compactado con tierras de préstamo en zanjas, por medios manuales, con pisón compactador manual tipo rana, en tongadas de 30 cm. de espesor, con aporte de tierras, incluso carga y transporte a pie de tajo y regado de las mismas, y con p.p. de medios auxiliares.			
<i>m3 HORMIGONADO CIMENTACIÓN</i>	1106,74	170,70	188.920,52 €
Hormigón armado HA-40/B/32/Ila, de 40 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx. 32 mm., para ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso armadura (40 kg/m3.), vertido por medios manuales, vibrado curado y colocado. Según EHE.			
<i>m3 HORMIGÓN DE LIMPIEZA CIMENTACIÓN</i>	105,4	70,71	7.454,68 €
Hormigón en masa HM-10/B/32, de 10 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx. 32 mm. elaborado en obra para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido con grúa, vibrado y colocación. Según EHE-08 y DB-SE-C.			



<i>ml PILARES</i>	1107,2	67,42	74.647,42 €
Pilar prefabricado de hormigón armado, HA-50/B/16/l, de sección 50x40 cm., de altura máxima 5 m. , incluso p.p. de encofrado, desencofrado, vertido, vibrado, curado y armaduras, con ayuda de grúa telescópica sobre camión para montaje, aplozado, relleno del nudo de enlace con hormigón HA-35/B/16/l para montaje y apeos necesarios, totalmente terminado.			
<i>ml VIGAS TIPO 1</i>	924	209,52	193.596,48 €
Viga prefabricada de hormigón armado, sección en T, con canto 40 cm., fabricada con hormigón HP-40/B/16/l, incluso p.p. de encofrado, desencofrado, vertido, vibrado, curado, armaduras, con ayuda de grúa telescópica sobre camión para montaje y apeos necesarios, totalmente colocada y terminada.			
<i>ml VIGAS TIPO 2</i>	1008	194,02	195.572,16 €
Viga prefabricada de hormigón armado, sección en L, con canto 40 cm., fabricada con hormigón HP-40/B/16/l, incluso p.p. de encofrado, desencofrado, vertido, vibrado, curado, armaduras, con ayuda de grúa telescópica sobre camión para montaje y apeos necesarios, totalmente colocada y terminada.			
<i>ml VIGAS TIPO 3</i>	1014	48	48.672,00 €
Viga prefabricada de hormigón armado, sección rectangular 40x50 cm, fabricada con hormigón HP-40/B/16/l, incluso p.p. de encofrado, desencofrado, vertido, vibrado, curado, armaduras, con ayuda de grúa telescópica sobre camión para montaje y apeos necesarios, totalmente colocada y terminada.			
<i>ml VIGAS TIPO 4</i>	48	48	2.304,00 €
Viga prefabricada de hormigón armado, sección rectangular 50x40 cm, fabricada con hormigón HP-40/B/16/l, incluso p.p. de encofrado, desencofrado, vertido, vibrado, curado, armaduras, con ayuda de grúa telescópica sobre camión para montaje y apeos necesarios, totalmente colocada y terminada			
<i>ml CORREAS CUBIERTA</i>	1344	35	47.040,00 €
Viga prefabricada de hormigón armado, sección en I, canto 19 cm, fabricada con hormigón HP-40/B/16/l, incluso p.p. de encofrado, desencofrado, vertido, vibrado, curado, armaduras, con ayuda de grúa telescópica sobre camión para montaje y			

apeos necesarios, totalmente colocada y terminada			
<i>m2 FORJADO PLACA ALVEOLAR</i>	6707	86,44	579.753,21 €
Forjado de placa alveolada prefabricada de hormigón, canto 30cm., con capa de compresión de 5 cm. de hormigón HA-40/B/16/I y armadura ME 20x30 A Ø 5-5 B 500 T 6x2,2, incluso p.p. de encofrado, desencofrado, vertido, vibrado y curado, con ayuda de grúa telescópica para montaje, totalmente terminado. Según normas EHE-08 y DB-SE-AE.			
<i>m2 CUBIERTA DECK</i>	3474	27,01	93.832,74 €
Cubierta deck autoprotegida no transitable, constituida por aislamiento térmico de poliestireno extruido para cubierta deck de 30 mm., capa separadora protectora compuesta por un fieltro de poliéster recubierto en una de sus caras de betún oxidado; y lámina asfáltica monocapa fijado todo el conjunto mecánicamente al soporte de chapa (no incluido), de betún elastomérico autoprotegida, compuesta por armadura de aluminio, protegida en la cara superior con gránulos de pizarra gris, con una masa nominal de 5 kg/m2. Según normas de diseño y colocación recogidas en el DB-HS1.			
<i>m2 PANELES HORMIGÓN ALIGERADO</i>	2404	55	132.220,00 €
Panel prefabricado de hormigón aligerado formado por cerramiento de 20 cm de espesor, de hormigón armado HA-25 N/mm2, consistencia plástica, T <sub>máx.</sub> 16 mm., para ambiente normal con perforaciones superior e inferior y colocación de rejillas incluso armadura (60 kg./m3.), encofrado y desencofrado con tablero aglomerado a dos caras, vertido por medios manuales, vibrado y colocado, i/estructura fija de aluminio anonizado en color natural con un 20% en superficies practicables compuesta por bastidor general de perfilera de aluminio de 80x40 mm. formando cámara de 20 cm de espesor y vidrio templado de 6 mm. de espesor, anclado mediante estructura metálica de fijación a muro de hormigón, según prescripciones recogidas en el DB-SE-C y EHE-08.			
		<b>TOTAL</b>	<b>1.628.058,44 €</b>

El coste aproximado de la obra es de **1.628.058,44 €**

A este precio habría que añadir el coste de las instalaciones y de los acabados del edificio.